

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

**Zur Frage biologische Eiweißbewertung und
zeitlicher Verlauf der Verdauung und Resorption
von Protein aus Hafer-Düngungsvarianten mit und
ohne Lysinergänzung gemessen im Intestinaltrakt
und Pfortaderblut des wachsenden Schweines**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Othmar Philipp Walz
aus Oberndorf, Kr. Gelnhausen

Gießen 1971

Aus dem Institut für Ernährungswissenschaften
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. E. Lenz

Zur Frage biologische Durchschnittswerte der
mittleren Verdaulichkeit der Verdauung und Resorption
von Protein aus Hefe-Indungenvarianten mit und
ohne Kynurenin-gewinnung im Intermediat
und Herleitung der wachsenden Schwämme

Digitized by the Internet Archive
in 2026

DISSERTATION

von Klausur der Universität
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus-Liebig-Universität Gießen

verlegt von

Othmar Philipp Walz

am Oberrhein 10. Gießen

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

**Zur Frage biologische Eiweißbewertung und
zeitlicher Verlauf der Verdauung und Resorption
von Protein aus Hafer-Düngungsvarianten mit und
ohne Lysinergänzung gemessen im Intestinaltrakt
und Pfortaderblut des wachsenden Schweines**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Othmar Philipp Walz
aus Oberndorf, Kr. Gelnhausen

Gießen 1971



D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des Doktorgrades

an der Fakultät für Biologie der Universität Leiden

der Leiden University

Dekan: Professor Dr. H. Linser

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Brune

2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 27. August 1971

I. THEORETISCHE EINLEITUNG IN DIE PSYCHOLOGIE	1
1.1. Aufgabenstellung und Ziele der Psychologie	1
1.2. Geschichte der Psychologie	2
1.3. Methoden der Psychologie	3
1.4. Die Bedeutung der Psychologie für andere Wissenschaften	4
1.5. Die Psychologie als Naturwissenschaft	5
1.6. Die Psychologie als Sozialwissenschaft	6
1.7. Die Psychologie als Humanwissenschaft	7
1.8. Die Psychologie als interdisziplinäre Wissenschaft	8
1.9. Die Psychologie als angewandte Wissenschaft	9
1.10. Die Psychologie als praktische Wissenschaft	10
II. ALLGEMEINE PSYCHOLOGISCHE GRUNDLAGEN	11
2.1. Die Entstehung der Psychologie als Wissenschaft	11
2.2. Die Entwicklung der Psychologie	12
2.3. Die Aufgaben der Psychologie	13
2.4. Die Methoden der Psychologie	14
2.5. Die Bedeutung der Psychologie für andere Wissenschaften	15
2.6. Die Psychologie als Naturwissenschaft	16
2.7. Die Psychologie als Sozialwissenschaft	17
2.8. Die Psychologie als Humanwissenschaft	18
2.9. Die Psychologie als interdisziplinäre Wissenschaft	19
2.10. Die Psychologie als angewandte Wissenschaft	20
2.11. Die Psychologie als praktische Wissenschaft	21
2.12. Die Psychologie als theoretische Wissenschaft	22
2.13. Die Psychologie als empirische Wissenschaft	23
2.14. Die Psychologie als experimentelle Wissenschaft	24
2.15. Die Psychologie als klinische Wissenschaft	25
2.16. Die Psychologie als pädagogische Wissenschaft	26
2.17. Die Psychologie als arbeitswissenschaftliche Wissenschaft	27
2.18. Die Psychologie als sportwissenschaftliche Wissenschaft	28
2.19. Die Psychologie als gerontologische Wissenschaft	29
2.20. Die Psychologie als forensische Wissenschaft	30
2.21. Die Psychologie als juristische Wissenschaft	31
2.22. Die Psychologie als medizinische Wissenschaft	32
2.23. Die Psychologie als pharmakologische Wissenschaft	33
2.24. Die Psychologie als toxische Wissenschaft	34
2.25. Die Psychologie als radiologische Wissenschaft	35
2.26. Die Psychologie als physikalische Wissenschaft	36
2.27. Die Psychologie als chemische Wissenschaft	37
2.28. Die Psychologie als biologische Wissenschaft	38
2.29. Die Psychologie als geographische Wissenschaft	39
2.30. Die Psychologie als historische Wissenschaft	40
2.31. Die Psychologie als literarische Wissenschaft	41
2.32. Die Psychologie als künstlerische Wissenschaft	42
2.33. Die Psychologie als philosophische Wissenschaft	43
2.34. Die Psychologie als theologische Wissenschaft	44
2.35. Die Psychologie als rechtswissenschaftliche Wissenschaft	45
2.36. Die Psychologie als sozialwissenschaftliche Wissenschaft	46
2.37. Die Psychologie als humanwissenschaftliche Wissenschaft	47
2.38. Die Psychologie als geisteswissenschaftliche Wissenschaft	48
2.39. Die Psychologie als kulturwissenschaftliche Wissenschaft	49
2.40. Die Psychologie als lebenswissenschaftliche Wissenschaft	50
2.41. Die Psychologie als umweltwissenschaftliche Wissenschaft	51
2.42. Die Psychologie als systemwissenschaftliche Wissenschaft	52
2.43. Die Psychologie als informationswissenschaftliche Wissenschaft	53
2.44. Die Psychologie als kommunikationswissenschaftliche Wissenschaft	54
2.45. Die Psychologie als managementwissenschaftliche Wissenschaft	55
2.46. Die Psychologie als politikwissenschaftliche Wissenschaft	56
2.47. Die Psychologie als sozialökonomische Wissenschaft	57
2.48. Die Psychologie als sozialpsychologische Wissenschaft	58
2.49. Die Psychologie als sozialanthropologische Wissenschaft	59
2.50. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	60
2.51. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	61
2.52. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	62
2.53. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	63
2.54. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	64
2.55. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	65
2.56. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	66
2.57. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	67
2.58. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	68
2.59. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	69
2.60. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	70
2.61. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	71
2.62. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	72
2.63. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	73
2.64. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	74
2.65. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	75
2.66. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	76
2.67. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	77
2.68. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	78
2.69. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	79
2.70. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	80
2.71. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	81
2.72. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	82
2.73. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	83
2.74. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	84
2.75. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	85
2.76. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	86
2.77. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	87
2.78. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	88
2.79. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	89
2.80. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	90
2.81. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	91
2.82. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	92
2.83. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	93
2.84. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	94
2.85. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	95
2.86. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	96
2.87. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	97
2.88. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	98
2.89. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	99
2.90. Die Psychologie als sozialökologische Wissenschaft	100

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. KAPITEL: <u>Einführung in die Problematik</u>	2
1.1. Vorausgehende Untersuchungen	2
1.1.1. Tierversuch	2
1.1.2. Getreidequalität	3
1.1.3. Ergänzungswirkung synth.Aminosäuren	4
1.1.4. Verfügbarkeit von Aminosäuren	5
1.2. Fragestellung	5
1.3. Arbeitshypothesen	6
1.4. Literaturhinweis	8
II. KAPITEL: <u>Versuchsmethodik</u>	
2.1. Tiermaterial und Versuchseinrichtungen	10
2.2. Analyse der Haferproben	10
2.2.1. Aminosäurenmuster	11
2.3. Versuchsrationen	11
2.4. Durchführung des Tierversuches	16
2.4.1. Stoffwechselversuch	16
2.4.2. Durchgangszeit des Futters	16
2.4.3. Töten, Blutentnahme, Ausspülen des Intestinaltraktes	17
2.5. Die Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials	
2.5.1. Biologische Wertigkeit	20
2.5.2. Durchgangszeit	20
2.5.3. Blutproben	20
2.5.3.1. Eiweißfällung	21
2.5.3.2. Bestimmung von α -Amino-N	21
2.5.3.3. Bestimmung von Lysin und Methionin	22

	Seite
2.5.4. Aufarbeitung des Intestinal-Inhaltes	24
2.5.4.1. Lösliche und unlösliche Anteile	24
2.5.4.2. Bestimmung von N und TS	25
2.5.4.3. Fraktionierung der Zentrifugate	25
2.5.4.4. α -N und Lysin in den Fraktionen	29
2.5.4.5. Analyse der Magen Zentrifugate und Sedimente	29
2.5.5. Kotanalyse	29

III. KAPITEL: Die Versuchsergebnisse

3.1. Düngung, N- und AS-Gehalt der Hafer-varianten	30
3.1.1. Aminosäuren-Bedarfsdeckung	30
3.1.2. Chemisch-analytische Bewertung	31
3.2. Stoffwechselversuch	
3.2.1. Gewichtszunahme, Wasserverzehr, Harnausscheidung	32
3.2.2. Die biologische Proteinqualität	34
3.3. Die Durchgangszeit	37
3.4. Die Verdauung von Futter-TS und Gesamt-N im Intestinaltrakt	39
3.4.1. Gesamt-TS und Gesamt-N im Magen-Dünndarmtrakt	40
3.4.2. Verteilung löslicher und unlöslicher TS und N-Anteile im Magen und Dünndarm	42
3.4.3. Dickdarminhalt	44
3.5. Die Charakterisierung der Proteinspaltprodukte im Intestinaltrakt	45
3.5.1. α -Amino-N im Magen	45
3.5.2. α -Amino-N im Dünndarm	48
3.5.3. Fraktionierung der Zentrifugate	51

	Seite
3.6. Das Verhalten von Lysin im Intestinaltrakt	53
3.6.1. Die Konzentration von Lysin im Magen	54
3.6.2. Die Verteilung von Lysin im Dünndarm	56
3.6.2.1. Gesamt-Lysin im Dünndarm	58
3.6.2.2. Die Verteilung von Lysin auf die Eiweißspaltprodukte des Dünndarm-Zentrifugates	60
3.7. Die Lysinausscheidung im Kot	62
3.8. Die Anflutung der Aminosäuren in der Pfortader	64
3.8.1. α -Amino-N in der Pfortader	64
3.8.2. Lysin in der Pfortader	67
3.8.3. Methionin in der Pfortader	68

IV. KAPITEL: Diskussion der Versuchsergebnisse

4.1. Die Wirkung der N-Düngung auf die chemische Zusammensetzung und die biologische Proteinqualität des Haferkornes	70
4.1.1. Veränderung des Proteingehaltes	70
4.1.2. Veränderungen der Proteinfraktionen und des AS-Musters	71
4.1.3. Veränderungen in der chemisch-analytischen Bewertung der Proteinqualität	77
4.1.4. Wirkung der N-Düngung auf die biologischen Maßstäbe	78
4.1.5. Vergleich chemisch-analytischer und biologisch ermittelter Qualitätskriterien	79
4.2. Die Wirkung der Lysinergänzung auf den Eiweißwert von Haferationen	81
4.2.1. Variantenabhängige Effekte	81
4.2.2. Wirkungsmechanismen nach Lysin-Ergänzung im Organismus	85

	Seite
4.3. Die Abhängigkeit des Verdauungsvorganges von der Zusammensetzung der Futterrationen beim Schwein	95
4.3.1. Gesamtverlauf der Verdauung	98
4.3.2. Die Verdauung im Magen	99
4.3.3. Die Verdauung im Dünndarm	104
4.3.3.1. Die Fraktionierung der Zentrifugate	109
4.4. Die Freisetzung und Resorption des protein- gebundenen und supplementierten Lysins	113
4.4.1. Die Freisetzung im intestinaltrakt	114
4.4.1.1. Die Freisetzungsgeschwindigkeit im Magen	116
4.4.1.2. Die Resorptionsrate	117
4.4.2. Die Aufnahme in die Blutbahn	123
4.5. Die Ausscheidung von α - und Lysin im Kot	131
4.5.1. Verdaulichkeit-Verfügbarkeit	132
4.5.2. Vergleich zwischen α - und Lysinverdaulichkeit	132
Zusammenfassung	137
Literaturverzeichnis	141
Tabellenanhang	

Der Mensch unterscheidet sich vom Tier durch das Bewußtsein, durch den Geist und durch den Rechenverstand, mit dem er die Natur zu durchdringen vermag. Als lebendiges, beseeltes Wesen jedoch steht der Mensch mit allen übrigen Wesen der gesamten Welt - wie auch diese untereinander - in polarem, lebendigem Zusammenhang; die lebendige Welt ist der Urgrund, aus dem er alle seine Kräfte schöpft. Seine Sonderstellung im Reiche der Natur als begeistertes Wesen legt dem Menschen die Verantwortung für sein Denken und Handeln auf. Dies bedeutet, daß die geistige Durchdringung des Lebens für ihn nur sinnvoll sein kann, wenn sie in Harmonie mit den Notwendigkeiten des übrigen Reiches der Lebewesen vorgenommen wird.

W. Blasius, 1970

("Das Denken in Zahlen und seine Folgen für die Menschheit")

Gedanken und Berechnungen eines Physiologen)

1. Kapitel

1. Einführung in die Problematik

1.1. Vorausgehende Untersuchungen

- - - - -

1.1.1. Tierversuch:

Im Rahmen der Ernährungsforschung werden am Institut für Tierernährung der Justus Liebig-Universität seit mehreren Jahren fortlaufende Untersuchungen zur Ermittlung der biologischen Wertigkeit nativer Proteine durchgeführt. Beide gebräuchlichen Methoden, die Ermittlung der N-Bilanz am Versuchstier und die chemisch-analytische Beurteilung des Eiweißes auf Grund der Aminosäureanalyse, wurden dabei herangezogen. Wie von BRUNE und THIER (1) und BRUNE (2) ausführlich diskutiert wurde, sind beide Bewertungsverfahren nicht problemlos. Wegen des direkten Kontaktes zwischen den biologischen Meßgrößen "Bedarf und Verwertungsvermögen durch das Tier" (2) und dem Untersuchungsmaterial wurde in diesem Institut die biologische Eiweißbewertung als das "Mittel der Wahl für die Differenzierung der Eiweißqualität in Nahrungspflanzen" (2 S.138) vorgezogen. In Paralleluntersuchungen mit gleichen Proteinträgern an Schwein und Ratte nach den von THIER (3) und BORCHERT (4) modifizierten N-Bilanzverfahren ergaben sich erhebliche Diskrepanzen in den ermittelten Meßgrößen BW (Biologische Wertigkeit) und PPW (Produktiver Proteinwert). Die beteiligten Autoren (2, 5) schließen aus den Versuchsergebnissen, daß die "wesentliche Voraussetzung der Übertragung von an Ratten erzielten Daten des produktiven (PPW) oder biologischen (BW) Proteinwertes auf das Schwein - ein analoger Bedarf für das Muster der essentiellen Aminosäuren - nicht gegeben ist" (5 S.15).

Als Ursachen hierfür werden von den Verfassern unterschiedliche Bedarfswerte für Methionin und Lysin als wichtigste limitierende Aminosäuren (AS), unterschiedliche Verfügbarkeit essentieller Aminosäuren (ess. AS) und unterschiedliche Toleranz gegenüber AS-Imbalanz-Effekten der beiden Tierespecies angegeben. Da nun in Bezug auf die Ausrichtung des Organismus (Omnivor), den intensiven Eiweißansatz und dem Aufbau des Verdauungssystems zwischen Mensch und Schwein eine hohe "physiologische Verwandtschaft" besteht, liegt es nahe, für die Einschätzung der BW von pflanzlichen Eiweißträgern sowohl im Hinblick auf die tierische als auch auf die menschliche Ernährung trotz des höheren experimentellen Aufwandes an Stelle von Ratten wachsende Schweine einzusetzen.

1.1.2. Getreidequalität:

Unter dem Stichwort "Qualität und Düngung" wurden in den vergangenen Jahren in einem gemeinsamen Forschungsvorhaben mehrere Institute (6) der Kette Boden-Pflanze-Tier Winter- und Sommerweizen, Sommergerste, Hafer, Kartoffeln und Grünkohl auf ihren Eiweißwert geprüft. Bei diesen Nahrungspflanzen wurde insbesondere untersucht, ob sich die Proteinqualität abhängig von Sorte, Standort, Anbaujahr und N-Düngung verhalte. Die von mehreren Autoren (1, 2, 5, 7, 8, 9) beschriebenen Ergebnisse dieses Gemeinschaftsvorhabens lassen folgende Schlußfolgerungen zu:

1. Gemessen an den Kriterien BW und PPW übertrifft Sommerweizen die Qualität des Winterweizens.
2. Der Eiweißwert einer auf verschiedenen Standorten angebauten Gerstensorte zeigt eine erhebliche Variation.
3. Die Eiweißqualität von Hafer verschiedener Standorte variiert signifikant bei nur "unwesentlichen" sortenbedingten Qualitätsunterschieden.

4. Die Reaktion der Qualitätsmerkmale auf Veränderungen der N-Düngung ist nicht einheitlich. Eine gesteigerte N-Düngung in mehreren Gaben erhöht den Rohproteingehalt jeder Getreideart. Die biologische Beurteilung mit Schweinen dagegen ergibt unterschiedliche Ergebnisse. In den Merkmalen BW und PPW zeigt Weizen bei gesteigerter N-Düngung eindeutige Qualitätsveränderungen, Sommergerste keine düngungsbedingten Qualitätsveränderungen und verschiedene Haferproben "eine geringgradige, statistisch nicht gesicherte Verbesserung der biologischen Proteinqualität mit steigendem Rohproteingehalt" (10 S.311). Bei der Umrechnung auf das pro Flächeneinheit geerntete physiologische nutzbare Protein (1) bringen somit Weizen keine, Gerste und Hafer jedoch erhebliche Mehrerträge durch die N-Düngung.
5. Der Vergleich der chemisch-analytisch gewonnenen Daten mit den biologischen Meßgrößen ergibt eine sehr mangelhafte Übereinstimmung. Daraus kann gefolgert werden, daß die im Stoffwechselversuch an Ratten und Schweinen gefundenen Qualitätsunterschiede der getesteten Getreidevarianten sich nicht aus der Analyse ess. und nicht ess. AS eindeutig erklären oder gar vorhersagen lassen. Da auch die "Amidfraction" bei Getreide mit steigendem Proteingehalt nahezu unverändert bleibt, kann auch sie nicht als Erklärung des beobachteten Qualitätsverhaltens dienen.

1.1.3. Ergänzungswirkung synthetischer AS:

Parallel zum Test auf den Eiweißwert der geprüften Getreidevarianten wurde im gleichen Forschungsvorhaben die Ergänzungswirkung synthetischer Aminosäuren auf die erfaßbare Proteinqualität untersucht. Dabei standen die Fragen der Aufwertung von Gerste mit Lysin und Methionin zur Schweinemast, die Wirkung von Glycin als Eiweißäquivalent (21) und die Ergänzungswirkung von Lysin, Methionin und Threonin auf Hafermehl bei den an Ratten erzielten Kriterien PER (protein efficiency ratio), PPW und BW im Vordergrund. Aus den von BRUNE, THIER und ALCHALABI (10, 11, 13) beschriebenen Ergebnissen läßt sich eine erhebliche positive Wirkung der Ergänzung von Lysin und Methionin auf Gerstenprotein entnehmen. Die Wirkung der Ergänzung von Lysin als einziger synth. AS wird jedoch erheblich eingeschränkt, wenn sie einem Bedarfsdefizit S-haltiger AS gegenübersteht. In den Rattenversuchen

fand AL-CHALABI (7), daß bei Einzelergänzungen mit AS zu Hafermehl nur Lysin eine statistisch gesicherte Verbesserung der Eiweißqualität bewirkte, während Methionin und Threonin alleine nur auf die Gewichtszunahme, nicht aber auf PPW und BW eine Wirkung zeigten. Überdosierungen der einzelnen Aminosäuren, d.h. Zulagen von 1,5 % Methionin, 1 % Threonin und 1 % Lysin zur Ration, verursachten eine deutliche Verschlechterung in der Gewichtszunahme, dem PER und dem N-Ansatz. Solcherart Imblanz-Effekte wurden bei der Supplementierung mit kombinierten AS-Rationen im Verhältnis 1:1:1 erst bei sehr viel höheren Dosen erreicht. Der Autor schließt aus der Versuchsreihe, daß im Hafer Lysin als 1. und Threonin als 2. lim. AS anzusehen seien, während für Methionin kein absolutes Defizit angenommen werden kann.

1.1.4. Verfügbarkeit von AS:

Bei den Bemühungen, Daten für eine wirkungsvolle Supplementierung nativer Eiweiße mit synthetischen AS zu erreichen, spielt der für das Tier zugängliche Anteil der chemisch-analytisch erfaßten AS eines Proteins eine bedeutende Rolle. In eigenen Untersuchungen (14) ergab sich, daß dieser "verfügbare Anteil" Lysin im Gerstenprotein für die Ratte nur etwa 60-66% beträgt. In der Beurteilung der Proteinqualität wird also dem physiologischen Verhalten einzelner Aminosäuren ein größeres Gewicht gegeben werden müssen.

1.2. Fragestellung

- - - - -

Die Fragestellung dieser Arbeit, die sich als Fortsetzung der geschilderten Forschungsarbeiten (1-13) versteht, ergibt sich aus der dort entstandenen Problematik und läßt sich aus den beobachteten Zusammenhängen entwickeln.

Als Untersuchungsmaterial lagen zwei Hafervarianten niedriger und extrem hoher Stickstoffdüngung zugrunde. Von diesen Proben ohne und mit theoretisch adäquater Lysinergänzung soll geprüft werden:

1. Die Wirkung der extremen N-Düngung auf die Eiweißqualität. Dazu ist vorgesehen:
 - a) Bestimmung der Rohproteineinlagerung und des Aminosäuremusters zur chemisch-analytischen Qualitätsbeurteilung
 - b) N-Bilanzversuch und Verdaulichkeitstest am wachsenden Schwein
 - c) Prüfung des Magen-Darm-Inhaltes auf Eiweiß-Hydrolyseprodukte
 - d) Prüfung der Resorbierbarkeit von Aminosäuren mit Hilfe von Anflutungsmessungen im Pfortaderblut des Schweines
2. Das Verhalten proteingebundenen und freien Lysins als Modellaminosäure während Verdauung, Resorption und Ausscheidung.
3. Die Aussagekraft der ermittelten Meßergebnisse auf den Qualitätsmaßstab "Biologische Wertigkeit".

1.3. Arbeitshypothesen

- - - - -

Wie bereits in der Einführung dargelegt wurde, bestehen keine zwingend kausalen Zusammenhänge zwischen Veränderungen im Aminosäurenmuster, der Verdaulichkeit, N-Bilanz und BW von Getreide Düngungsvarianten. Als Ursache für die beobachteten unterschiedlichen Reaktionen der Tiere kommen düngungsbedingte Verschiebungen der Eiweißfraktionen (15, 16, 17) und Peptidstrukturen im Getreide in Frage, die zu Veränderungen in der

intestinalen Hydrolyse und damit der Bereitstellung von Eiweiß-Spaltprodukten für die Stoffwechselleistungen des Schweines führen können. Ähnliche Effekte konnten bei der Verfütterung von reinem Zein im Vergleich mit leicht verdaulichen Eiweißtypen an Ratten beobachtet werden (18, 19, 20, 21). Durch die klassischen N-Bilanzverfahren können keine Aussagen über das Hydrolysegeschehen im Tier gemacht werden. Es ist erforderlich, die Intensität der Eiweißspaltung im Intestinaltrakt und die Anflutung von Aminosäuren im Pfortaderblut im zeitlichen Ablauf zu verfolgen. Daraus müßte sich eine Annäherung an die hypothetischen Vorstellungen eines Zusammenhanges zwischen Eiweißfraktionen, Hydrolysevorgängen und Qualitätskriterien im biologischen Test ableiten lassen. Es ist zu erwarten, daß Proteinträger gleicher Herkunft, die im biologischen Test voneinander abweichend reagieren, auch ein unterschiedliches Muster an Intestinal-Spaltprodukten aufweisen. Gleiches gilt für die Intensität der Anflutung von Aminosäuren im Pfortaderblut.

Aus der Literatur sind keine entsprechenden Untersuchungen am Schwein bekannt. Es müssen daher Methoden zur Gewinnung und Analyse des Magen-Darm-Inhaltes und zur Messung der Anflutung der Aminosäuren im Pfortaderblut im zeitlichen Ablauf der Eiweißspaltung am Schwein entwickelt werden.

Die Diskrepanz zwischen chemisch-analytischen Daten und biologischen Meßgrößen in der Aminosäurenbewertung scheint im wesentlichen auf den grundsätzlich verschiedenen Hydrolyseverfahren zu beruhen. Bei der enzymatischen Hydrolyse werden weniger Aminosäuren aus dem Proteinverband freigesetzt als bei der gebräuchlichen HCl-Hydrolyse. Die Verfügbarkeit der einzelnen ASn aus nativen Proteinträgern für das Tier oder den Menschen wird also in der Regel geringer sein als ihr chemisch-analytisch feststellbarer Betrag (14). Ursachen für die verschiedene Verfügbarkeit von Aminosäuren dürften in erster Linie in der Dünndarmverdauung und Resorption zu suchen sein (22).

Die Supplementierung ernährungsphysiologisch nicht ausgeglichener Eiweißtypen mit synthetischen Aminosäuren nach dem Bruttomuster beginnt in der Praxis der Ernährung und Fütterung einen festen Platz einzunehmen, obwohl über ihre Resorptionsgeschwindigkeit im Vergleich mit ASn nativer Herkunft und dem damit verbundenen Nutzeffekt - um eine maximale Ausnutzung zu erreichen, müssen die ASn zum gleichen Zeitpunkt an den Synthesorten zur Verfügung stehen - noch ungenügend bekannt ist. Auf Grund von Beobachtungen an Ratten schließen ROLLS und PORTER (21) "it is not unreasonable to suspect that amino acid supplementation may be found to have a lower than expected efficiency in animals accustomed to eating single meals at intervals of several hours."

Durch die Analyse gleichzeitig anfallenden Untersuchungsmaterials von Lysin angereicherten Rationen aus dem Blut, Magen und Darm des Schweines, läßt sich eine nähere Information über das Verdauungsverhalten der supplementierten Aminosäure erwarten. Wird sie schon wesentlich früher als das Nahrungsprotein aus dem Magen entlassen und in die Blutbahn aufgenommen, so ist zweifelhaft, ob sie infolge der schnellen Umwandlung im Intermediärstoffwechsel vom Tier voll ausgenutzt, d.h. zur Proteinsynthese verwendet werden kann oder ungenutzt wieder katabolisiert wird. Sollte letzteres als zutreffend angesehen werden müssen, so wäre vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus gesehen, die Aminosäuregabe in kürzeren Zeitintervallen oder in einer Form vorzunehmen, die, ähnlich wie die neuzeitlichen granulierten Düngemittel, eine "Langzeitwirkung" besitzt.

1.4. Literaturhinweis

- - - - -

Eine ausführliche Literaturübersicht über den Einfluß von N-Düngung und Aminosäureenergänzung auf Haferprotein ist von Al-CHALABI (7) und weiteren unter 1.1. und 1.2. genannten Autoren (1, 5) mitgeteilt worden. Die daraus gewonnenen Schlußfolgerungen mit der Überleitung auf vorliegende Untersuchung

sind in der Einführung zusammenfassend dargestellt. Über Versuche zur Gewinnung und Analyse des Pfortaderblutes und zum Stadium des Verdauungsablaufes beim Schwein liegen aus jüngster Zeit nur wenige, Teilaspekte beschreibende, Veröffentlichungen vor. Auf sie wird, soweit sie von methodisch analytischem Interesse sind, im Kapitel "Versuchsmethodik", soweit sie experimentelle Ergebnisse beinhalten, in der Diskussion näher eingegangen. Eine eingehende Darstellung des Schrifttums an dieser Stelle erscheint daher nicht sachdienlich, da sie zu Wiederholungen führen müßte.

II. Kapitel

2. Versuchsmethodik

2.1. Tiermaterial und Versuchseinrichtungen

- - - - -

Grundsätzliche Überlegungen über das zur Bestimmung der BW günstigste Alter der Versuchstiere, der Versuchsdauer und der Vorbereitungsfütterung wurden auf Grund der Erfahrungen dieses Institutes bereits früher ausführlich beschrieben (1,3, 12). Dabei werden junge wachsende Schweine wegen ihres hohen Eiweißansatzvermögens und damit verbundenem starken Differenzierungsvermögen verschiedener Qualitätskriterien als geeignet angesehen. Bei den genannten Autoren findet sich ebenfalls eine ins Detail gehende Beschreibung der bei vorliegenden Untersuchungen benutzten Stoffwechselvorrichtungen, so daß hier eine eingehende Darstellung überflüssig erscheint.

Die 32 Börgе des ersten und 16 Börgе des zweiten Versuches wurden mit einem Gewicht von 17-20 kg aus der Stammherde der Fürst Salm-Lichschen Gutsverwaltung, Lich-Kolnhausen angekauft und bis zum Versuchsbeginn im institutseigenen Quarantänestall restriktiv vorgefüttert. Durch den Ankauf aus einer durchgezüchteten Herde konnte angenommen werden, daß ein genetisch ausgeglichenes Tiermaterial für die Versuche zur Verfügung stand.

2.2. Analyse der Haferproben

- - - - -

Die als Testfuttermittel eingesetzten Hafervarianten des Anbaujahres 1967 wurden vom Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode zur Verfügung gestellt. Es handelte sich um zwei Proben der Sorte "Flämingsskrone", die unter den

definierten N-Düngungsstufen 22 kg N/ha (N 22) und 121 kg N/ha (N 121) des Standortes "Völkenrode" geerntet waren. Damit war das gewünschte Merkmal "extreme Düngungsvarianten" vorgegeben. Ihr Gehalt an Grundnährstoffen wurde mit der Weender Analyse ermittelt. Die Bestimmung der Brutto-Energie erfolgte mit einem Kalorimeter.

2.2.1. Aminosäuremuster

Zur Aminosäurenanalyse wurden 100 mg fein gemahlenden Haferschrotes unter Zugabe von 450 ml 6 N HCl 16 h lang bei 130° C auf einem Ölbad hydrolysiert. 1 ml des filtrierten und eingeeengten Hydrolysates wurden im Institut für Pflanzenernährung der Justus Liebig-Universität mit einem Aminosäureanalysator Modell Beckmann-Spinco analysiert.

2.3. Versuchsrationen

Die Gestaltung der Versuchsrationen erfolgte in Anlehnung an die von THIER (3) und BRUNE und THIER (6) erarbeiteten Grundsätze. An Hand der Ergebnisse aus der Weender Analyse, die in Tab. 1 zusammengefaßt sind, wurden die Testrationen so formuliert, daß bei restriktiver Fütterung alle Tiere bei einem TS Verzehr von 750 g/Tag 10 g N aufnehmen konnten.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Hafervarianten "Flämingsskrone"

Bezeichnung	Düngung kg/ha			Bruttoenergie kcal/kg TS	TS %	% N	
	N	P	K			US	TS
N 22	22	30	120	4590	90,02	1,366	1,517
N 121	55+66	30	120	4560	90,71	1,685	1,858
	RP % TS		Rfett % TS	Rfaser % TS	NFE % TS	Asche % TS	OS % TS
	abs.	rel.					
N 22	9,48	100,0	6,155	11,62	69,61	3,14	96,86
N 121	11,61	122,5	6,315	10,53	68,57	2,98	97,02

Durch die Ergänzung der Grundrationen mit eigenen Vitamin- und Mineralstoffmischungen, deren Zusammensetzung in Tab. 2 wiedergegeben ist, soll der Einfluß bekannter essentieller Nahrungsfaktoren ausgeschaltet werden.

Tabelle 2: Die Zusammensetzung der Vitamin- und Mineralstoffmischungen für die Versuchsrationen (mg/kg Futter US)

a) Vitamine

A-Vormischung	2 5,00	(1.000 I.E.)
D-Vormischung	1,25	(100 I.E.)
E-Vormischung	80,00	(20 I.E.)
K ₃ (Menadion-Na-Bisulfit)	1,00	
Thiamin	1,50	
Laktoflavin	2,50	
Nikotinsäureamid	20,00	
Pyridoxin	1,50	
Folsäure	25,00	
Ca-Pantothersäure	15,00	
Cholin (50 %ig)	2.000,00	
Vit. B ₁₂ (Konzentrat; 15 mcg B ₁₂)	75,00	
Biotin	0,10	
p-Aminobenzoesäure	50,00	
Meso-Inositol	125,00	
Ascorbinsäure	20,00	
	2.442,85	
Lactose zur Vormischung	2.442,85	

b) Mineralstoffe

Element	mg/kg; g/kg	Verbindung	mg/kg
Fe	100 mg	FeSO ₄ x 7 H ₂ O	497,80
Cu	15 mg	CuSO ₄ x 5 H ₂ O	58,91
Mn	40 mg	MnSO ₄ x H ₂ O	123,06
J	0,5 mg	KJ	0,65
Zn	75 mg	ZnCO ₃ x 22nOx3H ₂ O	130,85
Mg	400 mg	Mg-Hydroxid-carbonat	1.666,68
Ca	2 g	CaCO ₃	5.000,00
P	3 g	CaHPO ₄ x 2H ₂ O	16.654,84
NaCl	5 g	--	5.000,00

Zur Aufwertung der Testrationen II und IV wurde synthetisches L-Lysin-HCl (LAB/MERCK, AG, Darmstadt) in der Höhe eingesetzt, die nötig war, um die vom ARC (23) angegebene Bedarfsnorm für 25 kg schwere Schweine von 0,83 % Lysin/US

zu erreichen. Durch den angestrebten N-Ausgleich bei 750 g TS-Verzehr belief sich der Anteil N 22-Hafer in den Futtermischungen I und II auf 88,4 %, der Anteil N 121-Hafer in den Mischungen III und IV auf 71,7 %. Zur Berechnung des für die Einstellung der Ergänzungsrationen auf einen einheitlichen Lysingehalt notwendigen synthetischen Lysins müssen die Daten der Aminosäurenanalyse herangezogen werden. Sie sind in Tab.3, ausgedrückt in g AS/16 g N, wiedergegeben.

Tabelle 3: Das Aminosäurenmuster der Hafervarianten N 22 und N 121 (g AS/16 g N)

Aminosäure	N 22	N 121	% Abweichung N 22 geg. N 121
+ Lysin	4,17	3,33	+ 20,15
Histidin	2,07	2,05	
Arginin	6,58	6,67	
Asparaginsäure	8,34	8,37	
Threonin	4,03	4,03	
Serin	5,64	5,64	
+ Glutaminsäure	20,94	22,08	- 5,16
+ Prolin	7,69	5,82	+ 22,32
Glycin	5,78	5,82	
Adenin	5,56	5,16	
Valin	5,56	5,58	
+ Methionin	1,76	2,02	- 12,87
Isoleucin	4,54	4,69	
Leucin	8,27	8,37	
Tyrosin	4,39	4,04	
Phenylalanin	6,22	6,29	

Aus der Gegenüberstellung der beiden Hafervarianten läßt sich entnehmen, daß die Gehalte an Lysin, Prolin, Glutaminsäure und Methionin voneinander abweichen.

Die Anteile Lysin und Prolin in 100 g Rohprotein der Variante N 121 verringern sich um 20 % bzw. 22 %, während Glutaminsäure um 5 % und Methionin um 13 % ansteigen. Allerdings müssen die für Methionin gefundenen Werte mit Vorsicht betrachtet werden, da ein Teil der S-haltigen Aminosäuren bei dem angewandten einfachen Hydrolyseverfahren zerstört wird (24, 25). Auffallend erscheint die Verminderung des

Lysingehaltes, die nach Angaben von anderen Autoren (6, 10) nicht zu erwarten war. Vergleicht man jedoch den absoluten Gehalt an Aminosäuren in der Trockensubstanz der beiden Varianten, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, so ergibt sich mit 0,395 % gegenüber 0,385 % Lysin der TS ein gleichhoher Gehalt für diese AS. Mit Ausnahme von Prolin (0,729 % gegen 0,675 %) jedoch enthält N 121 einen höheren Prozentsatz aller anderen Aminosäuren in der TS.

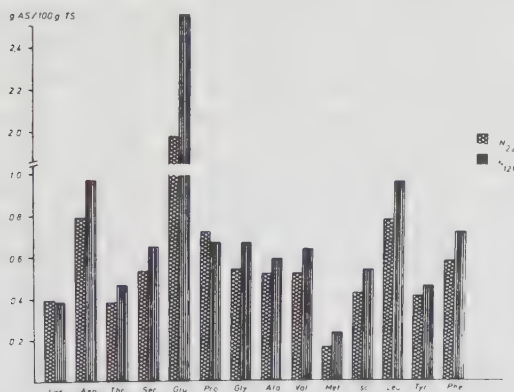


Fig. 1: Der prozentuale Aminosäuregehalt der Hafervarianten N 22 und N 121 (g AS/100 g TS)

Der aus dem prozentualen Aminosäuregehalt der Hafer-TS errechnete Lysingehalt betrug in den Rationen I und II 0,314 %, in den Rationen III und IV 0,251 %. Der Ergänzungsbedarf auf die einheitliche Höhe von 0,83 % war dementsprechend 0,516 % L-Lysin oder 0,646 % L-Lysin-HCl für Mischung II und 0,579 % L-Lysin oder 0,724 % L-Lysin-HCl für Mischung IV. Um die Verschiebung der HCl Konzentration in den supplementierten Diäten abzapuffern, wurde ein Zusatz von Na_2CO_3 beigemischt, der einer molaren NaCl Bildung entsprach.

Der so errechenbare NaCl Überschuß in R II und R IV wurde in R I und R III durch eine entsprechende NaCl Zulage ausgeglichen. Dem Ausgleich des Energie- und TS-Angebotes von 750 g TS je Tier und Tag bei 10 g N diente die Beimischung einer Stärkemischung, die sich nach Erfahrungswerten aus 86 % Maisstärke, 10 % Zucker und 4 % Zellulose zusammensetzte. Bei Berücksichtigung dieser Einzelkomponenten ergaben sich die in Tabelle 4 zusammengestellten Versuchsrationen.

Tabelle 4: Die Zusammensetzung der Versuchsrationen im Stoffwechselversuch 1 (%)

Komponenten	R I	R II	R III	R IV
Hafer N 22	88,370	88,370	--	--
Hafer N 121	--	--	71,753	71,754
Stärkemischung	8,140	7,570	24,713	24,099
Vitamine	0,482	0,482	0,482	0,482
Mineralstoffe	2,842	2,842	2,842	2,842
NaCl-Zusatz	0,171	--	0,211	--
Na ₂ CO ₃ -Zusatz	--	0,089	--	0,109
L-Lysin-HCl	--	0,646	--	0,724
Gesamtlysin % d.R.	0,314	0,830	0,251	0,830

Jede Ration enthielt 8,36 % Rohprotein/TS.

Die Futtermischungen des zweiten Stoffwechselversuches, der zur Überprüfung der Ergebnisse aus dem ersten Versuch erfolgte, entsprachen der Zusammensetzung von R I und R II, da nur ausreichend Material der Variante N 22 zur Verfügung stand.

2.4. Durchführung des Tierversuches

- - - - -

2.4.1. Stoffwechselversuch

Die Einschätzung der biologischen Wertigkeit des Testmaterials erfolgte nach der von oben (1, 3, 6) erwähnten Autoren entwickelten Methode. Beim Einstellen der Tiere zum Vorversuch wurden zunächst alle Schweine durchgewogen und in Gewichtsklassen eingeteilt. Fortlaufend aus jeder Gewichtsklasse wurden sie dann auf die vier Versuchsgruppen verteilt, so daß bei einem einheitlichen Gesamtgewicht aller Gruppen gleichzeitig eine gleichgroße Anzahl leichterer und schwerer Tiere auf die Gruppen entfielen. Die Versuchsgruppengröße betrug im 1. Versuch $n=8$, im zweiten Versuch $n=6$.

Nach dem Einsetzen der Tiere in die Stoffwechselkäfige erfolgte ein 7tägiger Vorversuch, dem sich nach erneuter Gewichtskontrolle eine 10tägige Hauptperiode anschloß. Um Futterverluste zu vermeiden, bekamen die Tiere die Ration bei zwei Mahlzeiten pro Tag in breiiger Form vorgesetzt. Die Wasseraufnahme wurde während des ganzen Versuches gemessen, um festzustellen, ob infolge der Lysin-HCl Ergänzung ein Einfluß auf den Wasserbedarf der Schweine ausgeübt würde. Die Sammlung der Exkremente erfolgte kontinuierlich während der Hauptversuchsperiode in Eimern, wobei zur Konservierung des Harns verd. HCl, des Kotes verd. H_2SO_4 beigemischt waren. Am Ende des der Ermittlung der N-Bilanz dienenden Stoffwechselversuches wurden die Tiere erneut gewogen und die Gesamtmenge der angefallenen Exkremente festgestellt, von denen ein Teil für die Analysen aufbewahrt wurden.

2.4.2. Durchgangszeit des Futters

Nach dem N-Bilanzversuch verbleiben die Tiere zunächst unter gleichen Bedingungen in den Stoffwechselkäfigen. In den folgenden ersten 3 Tagen erfolgte die Sammlung von Frischkot zur Lysinbestimmung und eine Studie zur Ermittlung

der Durchgangszeit des verabreichten Testfutters. Zur Lysinbestimmung wurden jeweils 4 mal am Tag (8^{00} , 12^{00} , 16^{00} , 20^{00}) kleine Mengen Frischkot gesammelt und sofort in verschlossenen Kautexflaschen bei -18° C eingefroren.

Als Indikatorsubstanz zum Feststellen der Durchgangszeit dienten Cr_2O_3 und Polyäthylenglycoll (PEG -Mol 4000, Schuchardt, München). Beide Substanzen gelten als für das Tier unverdaulich, wobei ihr Aussagewert als Begleitsubstanz für einzelne Stoffgruppen unterschiedlich eingeschätzt wird (27, 28, 29, 30, 31). Cr_2O_3 wurde in einer Konzentration von 0,2%, PEG in einer Konzentration von 0,5 % der Abendmahlzeit von je 3 Tieren einer Gruppe beigemischt. Am nächsten und übernächsten Tag wurden im Abstand von 3h Kotproben gezogen, so daß eine Verteilung der Proben von 15, 18, 21, 24, 37 und 40h nach der Aufnahme der Testsubstanzen erreicht wurde. Bis zur Analyse wurden diese Kotproben bei -18° C aufbewahrt.

2.4.3. Töten, Blutentnahme und Ausspülen des Intestinums

Während über Blutentnahmen aus der Pfortader von Ratten (19, 20, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38) und Hunden (39, 40, 41, 42, 43) mehrere Veröffentlichungen vorliegen, haben in jüngster Zeit Arbeitsgruppen in Jouy-En-Josas (44, 45, 46, 47), Reading (22) und Kopenhagen (48) solche Untersuchungen an Schweinen durchgeführt und beschrieben. Das von allen diesen Autoren angestrebte Ziel der kontinuierlichen Messung des Blutflusses durch die Pfortader beruht auf der Fistelmethode. Sie stößt jedoch auf erhebliche technische Schwierigkeiten (MITCHELL, pers.Mitt.), die "insbesondere im Verstopfen der Entnahmekanülen beruhen" und somit noch nicht als ausgereift gelten kann. Da im vorliegenden Experiment jedoch gleichzeitig mit der Blutentnahme der Magen-Darm-Trakt ausgespült werden sollte, mußte eine Ganzkörperzerlegung vorgenommen werden, bei der zu einem definierten Zeitpunkt die Verdauungstätigkeit unterbrochen und das Probenmaterial entnommen werden mußte.

Diese Untersuchung zum zeitlichen Verlauf der Eiweißspaltung und Aminosäurenresorption erforderte einen genauen Zeitplan. In einem Vorversuch an zwei Schweinen wurden zunächst die technischen Handgriffe geübt, sowie festgestellt, welches Hilfspersonal und wieviel Zeit zur Zerlegung eines Tieres nötig waren. Von einer Arbeitsgruppe, die aus 8 Personen bestand^{*)}, konnte innerhalb von 10-12 Minuten alles erforderliche Untersuchungsmaterial gewonnen werden. Da es gelang, bereits 5 Min. nach der Tötung (Schußapparat) die Portalvene freigelegt und bis zu 100 ml Blut daraus entnommen zu haben, war die Herztätigkeit noch nicht unterbrochen, so daß das Blut aus seinem "natürlichen Fluß" in die Spritzen gelang und eine Veränderung der Blutzusammensetzung nicht anzunehmen war. Auf Grund dieser Voruntersuchung wurde der Zeitplan so angelegt, daß an einem Tag die 16 Tiere zweier Gruppen zerlegt werden konnten.

Am Tag vor der Tötung erhielten die Schweine zur Morgenfütterung um 7⁰⁰ 200 g der Futterration, worauf die Fütterung für 24h ausgesetzt war. Am Untersuchungstag erhielten die Tiere im Abstand von jeweils 20 Min. eine Ration von 500 g, die sie in 10 Min. verzehrt hatten. Je zwei Tiere einer Gruppe blieben nüchtern; sie wurden als erste getötet. Die weiteren Analysen folgten 1h, 3h und 6h nach der Futteraufnahme, wobei je 2 Tiere einer Gruppe für einen Zeitpunkt ausgewählt wurden. Nach Ablauf des vorgesehenen Zeitintervalls wurde das jeweilige Tier gewogen, getötet und zum Öffnen mit Seilen rückwärts auf einen Lattenrost, der auf einem Tisch lag, festgebunden. Nach Freilegung der Pfortader konnten bei noch intaktem Kreislauf etwa 10 cm vor der Einmündung in die Leber mit einer heparinisierten 50 ccm Injektionsspritze 50-100 ml Portalblut entnommen werden (Abb. 1).

^{*)} An dieser Stelle sei Herrn Dr. H. Rufeger vom Institut für Veterinär-Physiologie der Justus Liebig-Universität für die freundliche Unterstützung bei den Blutentnahmen gedankt.



Abb. 1: Die Entnahme von Blut aus der Pfortader der Schweine nach dem Töten

Das Blut wurde in Zentrifugengläser, die in einem Eisbad gekühlt waren, gegossen und umgehend zentrifugiert.

Zur gleichen Zeit wurden der Magen am Ein- und Ausgang, der Dünndarm am distalen Ende und etwa Mitte Jejunum abgebunden, um bei der noch tätigen Darmperistaltik die Verlagerung des Futterbreies zu verhindern. Danach wurde der Magen-Darm-Trakt als Ganzes herausgetrennt und der Verdauungsbrei den abgebundenen Teilstücken entnommen. Zur Reinigung wurden die Abschnitte zweimal mit einer warmen 0,9% NaCl-Lösung ausgespült. Die so gewonnenen Magen-, Dünndarm- und Dickdarminhalte wurden in Plastikdosen bei -20°C bis zur Analyse aufbewahrt.

2.5. Die Aufbereitung des Untersuchungsmaterials

2.5.1. Biologische Wertigkeit

Die zur Einschätzung der BW erforderliche Analytik, sowie die aus den Stoffwechselversuchen gewonnenen Meßgrößen als Kriterien des Eiweißwertes sind bei BRUNE und THIER (1) und DÖRR (12) definiert und eingehend dargestellt. Sie wurden entsprechend auch bei der Aufarbeitung und Berechnung des vorliegenden Untersuchungsmaterials angewendet.

Die beiden Stoffwechselversuche verliefen ohne wesentliche Störungen. Das Futter wurde von allen Tieren vollständig aufgenommen, so daß der Gesamtfutterverzehr aller Tiere während der Hauptperiode 7500 g TS mit 100 g N betrug. Die statistische Abgrenzung der Ergebnisse zwischen den Gruppen erfolgte nach den von HAIGER (49) beschriebenen Verfahren der Varianzanalyse und des multiplen t-Tests.

2.5.2. Durchgangszeit

Bei der Ermittlung der Durchgangszeit mit Cr_2O_3 als Indikator wurde die Chrombestimmung nach einer Methode von M.P. CAZENNE (50) durchgeführt. Gemessen wurde die im Kot gefundene Cr-Konzentration in ppm, die als Indikator für die nach einer bestimmten Zeiteinheit durchgelaufene Futtermenge galt.

Die Bestimmung des PEG nach der von SMITH (51) modifizierten Methode (52, 53) brachte gegenüber dem Cr_2O_3 -Verfahren keinen Vorteil. Da bei einem höheren analytischen Aufwand die Reproduzierbarkeit geringer als bei der Cr_2O_3 -Bestimmung war, wurde keine völlige Auswertung der PEG-Werte vorgenommen.

2.5.3. Blutproben

Die analytische Aufarbeitung der Blutproben erfolgte nach einem im National Institute for Research in Dairying, Nutr.Dept., Reading-England kennengelernten Verfahren (54):

2.5.3.1. Eiweißfällung

Das heparinisierte, gekühlte Pfortaderblut wurde 15 Min. bei 2500 U/min. (ca. 1300 g) zentrifugiert, um Plasma und Blutzellen zu trennen. Zur Enteiweißung wurde das überständige Plasma abpipettiert, in ein weiteres Zentrifugenglas gegeben und mit dem Fünffachen seines Volumens 3%iger Sulfosalicylsäure versetzt. Nach gründlichem Durchmischen wurde das Glas mit Parafilm verschlossen und zum Koagulieren des Eiweißes über Nacht stehen lassen. Diese Mischung wurde erneut bei 1250 g für 20 Min. zentrifugiert, wobei sich das Eiweiß absetzt. Der Überstand wurde durch einen Wattefilter in Plastikflaschen gegossen, worin er bei -18°C bis zur weiteren Analyse aufbewahrt wurde.

2.5.3.2. Bestimmung von α -Amino-N

Die Bestimmung des α -Amino-N als Maß für die gesamten Aminosäuren - sowie von Lysin und Methionin im enteiweißten Plasma - erfolgte in einem parallelen Arbeitsgang. Dazu wurden zunächst 50 ml des Plasma-Sulfosalicylsäuregemisches mit ca. 3 Tropfen 1 N NaOH auf pH 7,2 eingestellt. Von den zur Bestimmung des α -Amino-N erprobten Verfahren nach RUBINSTEIN und PRYCE (55) und MOORE und STEIN (56) erwies sich in vorliegender Untersuchung letztere Methode als besser geeignet, da sie einen stabileren Farbkomplex entwickelte. Zur Herstellung des Ninhydrin-Reagenz wurden 1 g Ninhydrin + 0,15 g Hydrindantin in 37,5 ml peroxydfreiem Methylcellosolve gelöst und mit Natriumacetatpuffer von pH 5,5 (136 g Natriumacetat H_2O + 25 ml Eisessig in 250 ml Lösung) auf 50 ml aufgefüllt. Das Reagenz wurde trotz Lagerung unter N jeden 2. Tag neu angesetzt.

Zur Messung des α -Amino-N im Blutplasma erwies sich folgendes Verfahren als geeignet: 0,5 ml Plasma-Gemisch werden mit 1 ml 0,1 M Zitratpuffer (5,252 g Zitronensäure + 50 ml 1 N NaOH u. H_2O auf 250 ml gelöst und auf pH 5,5 eingestellt) auf etwa pH 5,5 eingestellt und mit 0,5 ml Ninhydrin-Lösung versetzt. Die Mischung wird 15 Min. in kochendem Wasser erhitzt,

abgekühlt und mit einer 1:1 aqua dest.-Äthanol-Mischung auf 10 ml aufgefüllt. Sofort nach gründlichem Durchmischen wird die Lösung im Spektralphotometer bei 570 μ m gemessen. Die quantitative Auswertung erfolgte an Hand einer Eichkurve, die aus einer Leucin-Zitratpuffer Verdünnungsreihe von 0,01-0,1 mM ermittelt wurde. Die Ergebnisse ließen sich in mM Leucin-Äquivalent oder nach Umrechnung auf den Leucin-N-Gehalt in mg α -N/100 ml Plasma ausdrücken.

2.5.3.3. Bestimmung von Lysin und Methionin

Die beiden lim. Aminosäuren Lysin und Methionin wurden mikrobiologisch bestimmt. Die dabei angewandten Methoden mit einer Reihe spezieller Modifikationen wurden von FORD (57, 58, 59, 60) entwickelt und ausführlich beschrieben. Nach den Erfahrungen bei eigener Zusammenarbeit mit diesem Autor eignet sich das Bakterium Streptococcus zymogenes zur Messung aller ess. AS mit Ausnahme von Lysin, da Lysin für es nicht absolut essentiell ist. Demgegenüber hat der Mikroorganismus Streptococcus faecalis spec. durans eine hohe Essentialität für Lysin und ist aus diesem Grunde für Lysin-Tests besser geeignet. Die Zusammensetzung und Herstellung der zum mikrobiologischen Test mit beiden Organismen benötigten Basal- und Aminosäuremischungen, sowie die Vorbehandlung der Bakterienkulturen, unterscheidet sich in den hier angewandten Verfahren (FORD, pers.Mitt.) nur geringfügig. Die Bestandteile der Medien, sowie die zum Bebrüten der Impfkulturen nötigen Nährlösungen sind in Tab. 1 a-c des Anhanges zusammengestellt.

Beide Bakterienstämme mit der Typenbezeichnung Streptococcus DURANS var NCDO 1258 und Streptococcus zymogenes NCDO 592 wurden freundlicherweise von der National Collection of Dairy Organismus des National Institute for Research in Dairying, Shinfield-Reading, Engl. zugeschickt. Die gefriergetrockneten, unter Vakuum in Ampullen verpackten Organismen wurden nach Ankunft in einer Trypton-Nährlösung (A, 1c) gelöst

und nach Überführung in ein Reagenzglas in der gleichen Lösung 20h bei 37° C bebrütet.⁺⁾ Zur Herstellung einer Impfkultur wurde ca. 24h vor dem Gebrauch 1 ml der vorgebrüteten Trypton-Kultur in ein Impf-Medium (A 1,c) pipettiert und nochmals 20h bei 37° C bebrütet. Die Aufbewahrung der Organismen über längere Zeiträume erfolgte als "stab-culture" in Agar bei ca. 4° C. Die Zusammensetzung des Nähragars (A 1,c) richtet sich nach dem Organismus.

Zur Bestimmung der Aminosäuren wurde das auf pH 7,2 eingestellte Plasma-Salicylsäuregemisch nach der in Tab. 5 dargestellten Verteilung in Reagenzgläser (18 x 180 mm) pipettiert und mit Hilfe eines Dispensers Wasser und Nährmedium dazugegeben.

Tabelle 5: Verteilung der Medien zur Mikrob. AS-Bestimmung

Standard oder	0	0,5	1	2	3	4	6	ml
Test-Extrakt	-	0,5	1	2	3	4	-	ml
aqua dest	8	7,5	7	6	5	4	2	ml
Nährmedium (2x Basal, 1x AS-M.)	3	3	3	3	3	3	3	ml

Nach der Sterilisation wurde jedes Reagenzglas zur Lysin-Bestimmung mit einem Tropfen einer 1:10 mit 0,9% NaCl-Lösung verdünnten Bakterienkultur von Streptococcus durans und zur Methionin-Bestimmung mit einem Tropfen unverdünnter Kultur von Streptococcus zymogenes beimpft. Die Bebrütung der Wachstumskulturen erfolgte im Wasserbad für 48h bei 37° C.

⁺⁾ Die mikrobiologischen Untersuchungen konnten z.T. am Institut für Mikrobiologie der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität (Prof.Dr.Küster) mit freundlicher Unterstützung von Dr.J.C.G. Ottow durchgeführt werden.

Die Methionin-Standardlösung mit einer Konz. von $10\text{ }\mu\text{g}$ L-Methionin/ml wurde mit aqua dest und einer 3 % Sulfosalicyllösung im Verhältnis 1:5 hergestellt und auf pH 7,2 eingestellt. Die günstigste Konzentration des Lysin-Standards lag bei $20\text{ }\mu\text{g}$ L-Lysin/ml, wobei L-Lysin-HCl in 2 Teilen aqua dest und 3 Teilen 3% Sulfosalicylsäurelösung gelöst und auf pH 7,2 eingestellt waren.

Nach dem Bebrüten wurden die Organismen durch eine Kurzsterilisation abgetötet und ihre Wachstumsintensität an Hand der erzeugten Milchsäure durch Rücktitration mit 0,1 N NaOH in einem Titrierautomaten gemessen. Aus dem Vergleich der Meßwerte mit der aus der Standardlösung ermittelten Wachstums-Eichkurve wurde der AS-Gehalt des Ausgangsmaterials, ausgedrückt in $\mu\text{g/ml}$ bzw. $\text{mg}/100\text{ ml}$, errechnet.

2.5.4. Aufarbeitung des Intestinal-Inhaltes

Die Analyse des aus Magen und Darm ausgespülten Verdauungsbreies mußte in mehreren Einzelschritten durchgeführt werden. Daher war insbesondere darauf zu achten, daß durch wiederholtes Auftauen und Einfrieren der Extrakte keine Gärung einsetzte. Die hier durchgeführte Gesamtanalyse orientierte sich an Einzelarbeiten, die am N.I.R.D. bei in vitro Studien von FORD (60), FORD und SALTER (61) und an Ratten von BURACZEWSKI et al. (62) und ZEBROWSKA (63) entwickelt wurden. Sie zielte darauf hin, die bei der Proteinverdauung entstandenen Abbauprodukte stufenweise zu erfassen.

2.5.4.1. Lösliche und unlösliche Anteile.

Die aufgetauten Intestinal-Inhalte wurden mit aqua dest quantitativ in vorgewogene Zentrifugengläser überspült und sodann 20 Min. bei 2500 U/min (ca. 1300 γ) zentrifugiert. Der Überstand wurde über einen Wattefilter in Meßzylinder dekantiert. Das Sediment wurde je nach Menge 1-2 mal mit jeweils 20 oder 30 ml aqua dest breiig gerührt und nochmals für

10 Min. zentrifugiert, um die wasserlöslichen Bestandteile herauszuspülen. Die jetzt entstandenen Zentrifugate wurden mit den Originalüberständen wie vorher zusammengegossen, wobei der Wattefilter nachgespült wurde. Die Sedimente kamen in Plastikdosen. Gleichzeitig wurden von beiden Anteilen Volumen bzw. Gewicht festgestellt.

2.5.4.2. Bestimmung von N und TS

Sogleich nach der Trennung wurde der feuchte unlösliche Teil mit einem Ultra-Turax homogenisiert und Proben zur TS und N-Bestimmung entnommen. Die N-Analyse erfolgte nach der Kjeldahl Mittel-Makro-Methode in Parallelen. Dazu wurden, sofern das Material ausreichte, ca. 3 g Frischmasse mittels einer handelsüblichen Küchenfolie in 150 ml Kjeldahl-Kolben eingewogen und aufgeschlossen. Die betreffende Folie ergab bei Blindversuchen keinen feststellbaren N-Gehalt. Die N-Bestimmung in den Zentrifugaten erfolgte nach der Mikromethode. Zur TS-Bestimmung beider Extrakte hat sich eine Trocknung von 4-5 h bei 105° C als geeignet erwiesen. Aus den so gewonnenen Ergebnissen ließ sich die Gesamtmenge der im löslichen und unlöslichen Magen-Darminhalt enthaltenen Trockensubstanz und N-Gehalt zum jeweiligen geprüften Zeitpunkt bestimmen, die bei der Versuchsauswertung zur Gesamtmenge verzehrter TS bzw. N in Beziehung gesetzt werden konnten.

2.5.4.3. Fraktionierung der Zentrifugate

Zur Auftrennung in vitro verdauter Proteinträger in Fraktionen unterschiedlicher Molekülgrößen benutzten FORD und SALTER (61) Sephadex Gel G 25^R. Sie bezeichneten die abgetrennten Gruppen als "lösliches Protein", "Peptide" und "freie Aminosäuren", die nach einer definierten enzymatischen Vorverdauung als Eiweiß-Abbauprodukte vorlagen. Im vorliegenden Experiment wurde versucht, diese Grundlagen auf das in vivo Experiment am Schwein umzuwandeln, um mit ihm die in einem bestimmten Zeitintervall nach dem Futterverzehr im Darm auftretenden Eiweiß-Spaltprodukte nachzuweisen.

Die zur Fraktionierung angefertigte Säule der Höhe 1 m und dem Durchmesser 2,5 cm wurde nach den von ANDREWS (64) und DETERMANN (65) gegebenen Hinweisen beschickt. Als Gelträger dienten Glaskugeln und Glaswolle, dem Beschicken der Säule mit dem Testextrakt ein Auftragsbecher mit Perlonnetz (PHARMACIA, A.B.). Die experimentelle Anordnung der Gelfiltration zeigt Abb. 2.



Abb.2: Experimentelle Anordnung der Gelfiltration und Homogenitätsprüfung mit DEXTRAN-BLAU

Vor der Säulenfüllung wurden 100 g SEPHADEX-GEL G-25-FINE 4h in 1200 ml warmen, 0,02 M Natriumphosphatpuffer pH 7,6 (66) quellen lassen. Sodann wurde die Suspension evaporiert, um Luftblasen zu entfernen, der Überstand abgegossen und zum gleichmäßigen Packen das Gel in einem Guß entlang einem Glasstab in die Säule laufen lassen. Zum Stabilisieren der Gelfüllung vor dem Gebrauch wurde die Säule zwei Tage lang mit dem Trennmedium, Natriumphosphatpuffer pH 7,6, durchgespült. Die Durchflußgeschwindigkeit betrug danach bei einer Packhöhe von 82 cm 60-70 ml/h. Die Durchflußgeschwindigkeit wurde mit Hilfe einer Schlauchpumpe reguliert.

Die Homogenität der Füllung, sowie das Säulenvolumen konnten durch einen Testlauf mit 0,2 %iger Lösung von BLUE DEXTRAN 2000 (PHARMACIA, A.B.) nachgewiesen werden (Abb.2)(67, 68). Dazu wurden 2,5 ml Testlösung bei geschlossener Säule auf das Füllnetz aufgetragen, einsickern lassen, 2 mal mit 5 ml Elutionsmittel nachgespült und sodann kontinuierlich eluiert. Die Messung des Auslaufs im Spektralphotometer bei 266 nm ergab Dextran Anteile in 5 Fraktionen á 10 ml mit dem Maximum

in der 2. Fraktion. Damit war, verglichen mit den entsprechenden Vorlagen (67), eine homogene Säulenpackung gegeben. Das Leervolumen der Säule ließ sich auf 180 ml abschätzen.

Die Kalibrierung der Säule, d.h. die Bestimmung des Elutionsvolumens der einzelnen Molekülgruppen in der Größenordnung Protein, Peptid und Aminosäuren, erfolgte mit folgenden Testsubstanzen bekannten Molekulargewichtes:

1. Cytochrom C⁺), M.G. 12500
2. Polymyxin⁺⁺)-B-Sulfat, 7785 E/mg, M.G. 1450
3. Kristallines Glycogen⁺⁺⁺), M.G. 3650
4. Leucin⁺⁺⁺⁺), M.G. 131
5. 11 Aminosäuren⁺⁺⁺⁺), mittleres M.G. 143

Die Eichsubstanzen wurden im Phosphatpuffer pH 7,6 in einer Konz. von 1 mg/ml gelöst und jeweils 5 ml nach dem für DEXTRAN beschriebenen Verfahren durch die Säule laufen lassen. Aus den Extinktionswerten der Eluate ergab sich das in Fig.2 abgebildete Diagramm der Molekulargruppen. Es ergibt sich daraus, daß die Partikel des M.G. >10000, die "Proteinfraktion", bei Volumen 170-230, die Partikel um M.G. 4000-1000, die "Peptidfraktion", bei Volumen 240-320 und die Moleküle um M.G. < 500, die "Aminosäurenfraktion", bei Volumen 320-ca. 450 eluiert werden. Nur Threonin und Tryptophan verlassen die Säule später als die übrigen Aminosäuren, eine Beobachtung, die mit den Erfahrungen von FORD (pers.Mitt.) übereinstimmt. Bei zwischenzeitlicher Unterbrechung der Fraktionierung wurde die Säule mit einer Thimerosal-Lösung (1 g auf 500 ml H₂O) gespült, um Bakterienkontamination zu verhindern.

⁺) T. Schuchardt, München, TA 58,5 %

⁺⁺) freundlichweise überlassen von Pfizer, G.m.b.H., Karlsruhe

⁺⁺⁺) freundlichweise überlassen von Eli Lilly & Co, Indianapolis

⁺⁺⁺⁺) Merck AG -LAB-Reinheit

Kalibrierung der Sephadex G-25-Säule

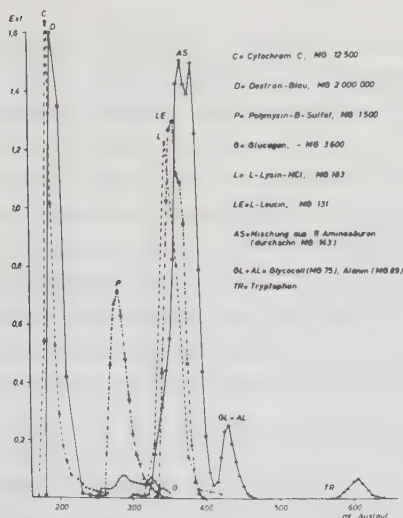


Fig.2: Kalibrierung der Sephadex-Säule

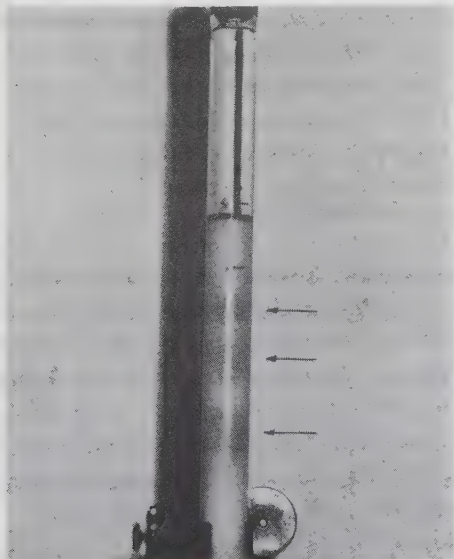


Abb. 3: Trennung eines Dünndarm-extraktes mit der Sephadex-Säule

Vor der Fraktionierung wurde eine berechnete Menge des Dünndarmzentrifugates evaporiert und mit soviel 0,02 M Phosphatpuffer pH 7,6 aufgenommen, daß die Konzentration des Extraktes 5 mg N/ml betrug. Diese Lösung wurde erneut zentrifugiert, wobei auftretende unlösliche Restbestandteile, die die Geloberfläche verklebt hätten, abgetrennt wurden. Der klare Überstand wurde in der üblichen Weise in 5 ml Portionen auf die Säule aufgetragen, durchlaufen lassen und das Eluat in etwa 30 Fraktionen von 15-20 ml gesammelt. Ein Durchlauf dauerte 8-10h. Die beginnende Trennung wird in Abb. 3 gezeigt.

2.5.4.4. α -N und Lysin in den Fraktionen

Jeweils 6 oder 12 ml einer Fraktion wurden in 10 oder 20 ml Spezialampullen⁺) einpipettiert und mit 2 bzw. 4 ml konz. HCl (11,25 N) vermischt. Die zugeschmolzenen Ampullen wurden etwa 18 h bei 130° C im Trockenschrank hydrolysiert. Die Hydrolysate wurden in 50 ml Meßbecher überführt, aufeinanderfolgend mit 10 N, 1 N und 0,1 N NaOH auf genau pH 7,2 eingestellt und nach nochmaligem Filtrieren mit aqua dest. auf 25 bzw. 50 ml aufgefüllt. Die so hergestellten Filtrate eigneten sich ohne weitere Verdünnung zur Bestimmung von α -N und Lysin nach dem im Abschnitt Blut beschriebenen Verfahren. Die Einzelergebnisse wurden auf die Gesamtfraktion umgerechnet.

2.5.4.5. Die Analyse der Magen-Zentrifugate und der Sedimente.

Für die Magen- und Dickdarm-Zentrifugate und die Sedimente wurde die Menge mit einem Gehalt von 25 mg N berechnet. Dieser Gewichtsanteil wurde in 250 ml Rundkolben eingewogen, 150 ml 6 N HCl dazugegeben und ca. 10 h bei 130° C auf dem Ölbad hydrolysiert. Das Hydrolysat wurde filtriert und auf 250 ml aufgefüllt. 25 ml des Filtrates wurden im Rotavapor eingeengt, mit aqua dest. aufgenommen, auf pH 7,2 eingestellt und auf 50 ml verdünnt, um eine Konzentration von 50 μ g N/ml zu erhalten. Diese Konzentration der Extrakte eignete sich zur Bestimmung von α -Amino-N und Lysin. Nur in wenigen Fällen mußte eine andere Verdünnung hergestellt werden.

2.5.5. Kotanalyse

Der zur Lysinbestimmung eingefrorene Frischkot wurde nach dem Homogenisieren mit einem Ultra-Turax auf den TS- und N-Gehalt untersucht. Eine 100 mg N enthaltende Menge Frischkot wurde sodann in einen 1 l Kolben eingewogen, in 450 ml 6 N HCl suspendiert und für 24 h bei 130° C hydrolysiert. Nach dem Filtrieren wurde das Hydrolysat auf 500 ml aufgefüllt, eingedampft und so mit aqua dest. aufgenommen, daß eine Konzentration von 1 mg N/ml Lösung entstand. Daraus konnte der Lysingehalt bestimmt werden.

⁺) Hergestellt von der Fa. Giessener Glastechnik (GTG)

III. Kapitel

3. Die Versuchsergebnisse

3.1. Düngung, N- und AS-Gehalt der Hafervarianten

- - - - -

Aus Tabelle 1 läßt sich entnehmen, daß sich die beiden Varianten N 22 und N 121 erheblich im Rohproteingehalt unterscheiden. Da nach den Angaben des Anbauinstitutes die Haferproben unter sonst gleichen Bedingungen gewonnen wurden, ist der Rohproteinanstieg von 22,5 % der höher gedüngten Variante allein auf die N-Gabe zurückzuführen. Für die übrigen Komponenten des Haferkornes lassen sich aus der Weender-Analyse und der Bruttoenergie-Bestimmung keine nennenswerten Unterschiede entnehmen. Das Aminosäurenmuster der beiden Varianten wurde bereits im Zusammenhang mit der Rationsgestaltung angegeben. Wie die AS-Analyse ergab, verminderte sich der Anteil Lysin im Protein, so daß der auf die TS berechnete Lysingehalt der Variante N 121 mit dem von N 22 annähernd übereinstimmte. Da die Grundrationen auf der Basis gleichen TS- und N-Verzehr/Tier/Tag kalkuliert waren (3), verschob sich der Haferanteil, wobei sich ebenfalls das Angebot an einzelnen ASn für die Tiere änderte.

3.1.1. Aminosäuren-Bedarfsdeckung

Aus der in Fig. 3 dargestellten Verteilung der ASn in den Grundrationen, sowie einem mittleren errechneten Bruttobedarf (69) einiger ess. ASn ergibt sich, daß der Bedarf an Lysin in Ration I und II zu 37,8 % und in Ration III und IV zu 30,2 % aus dem Haferprotein gedeckt wird. Demgegenüber weisen die vorliegenden Analysendaten Methionin im Haferprotein N 22 als die erste limitierende AS auf, während das Angebot aus N 121 etwas höher liegt und prozentual dem Lysinangebot gleichkommt. Die Bedarfsdeckung für die übrigen

angegebenen ess. ASn liegt zwar z.T. erheblich unter dem errechneten Bedarf, zeigt aber nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Varianten. Letzteres gilt ebenso für die als nicht essentiell anzusehenden ASn. Ein Ungleichgewicht zwischen den beiden Grundrationen besteht also nur in Bezug auf die beiden lim. ASn Lysin und Methionin. Die Ergänzung beider Grundmischungen mit Lysin auf einen mittleren angenommenen Bedarf von 0,83 % (23, 70) läßt das relative Methionindefizit bzw. Ungleichgewicht noch stärker hervortreten.

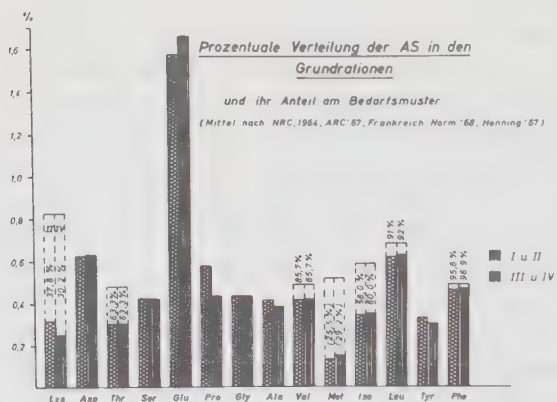


Fig. 3: Die prozentuale Verteilung der ASn in den Grundrationen

3.1.2. Chemisch-analytische Bewertung

Die Bewertung der beiden Hafervarianten nach den Ergebnissen der chemischen Analyse ergibt den in Tab. 6 zusammengestellten Vergleich.

Tab. 6: Chemisch-analytische Qualitätskriterien der
Hafervarianten (in Klammern Vergleichswerte nach 5)

Variante	EAS-Index (9 AS)	Chemical Score-Lys	Chemical Score- Meth	Eck-EAS 4 AS(3)
N 22 (No)	76,16(67,23)	59,5(57,3)	45,0(-)	61,74(49,47)
N 121(N ₉₀)	73,70(70,36)	47,5(56,4)	50,0(-)	59,58(51,78)

Bei der Berechnung des EAS-Index nach dem Eiprotein-Verhältnis wurden die AS Histidin, Lysin, Tyrosin + Phenylalanin, Methionin, Threonin, Leucin, Isoleucin, Valin und Arginin verwendet. Zur Berechnung des Eck-EAS-Index dienten die aus dem Bedarfsmustervergleich ermittelten vornehmlich limitierenden ASn Lysin, Methionin, Threonin und Isoleucin. Während sich in den Kriterien EAS-Index und Eck-Index zwischen den Varianten nur geringe Unterschiede ergeben, liegen sie für die beiden berechneten Chemical scores bei über 10 %. Ohne Berücksichtigung der hydrolysebedingten eingeschränkten Aussagekraft müßte Methionin für N 22 als erste lim. AS angesehen werden. Die nach den analytischen Daten geringere Einschätzung der Variante N 121 ist auf den wesentlich niedrigeren Lysingehalt im Proteinanteil dieser Probe zurückzuführen, der sich auch im Chemical score für Lysin niederschlägt.

3.2. Stoffwechselversuch

- - - - -

3.2.1. Gewichtszunahme, Wasserverzehr, Harnausscheidung

Die aus beiden Versuchen erhaltenen Gruppenmittel für obengenannte Kriterien sind in Tabelle 7 wiedergegeben. Die Einzelwerte der Gewichtsentwicklung gibt Tab. A 2 a-c an. Die Ergebnisse zeigen einen schwachen Abfall der täglichen Zunahmen der mit Variante N 121 gefütterten Tiere. Der Gewichtsunterschied läßt sich jedoch statistisch nicht sichern. Viel unterschiedlicher jedoch reagieren die Tiere in der Gewichtsentwicklung auf die Ergänzung mit synthetischem Lysin.

Tabelle:

Durchschnittliche Gewichtsentwicklung, Wasseraufnahme und Harnausscheidung der Versuchstiere während der Hauptperiode (n = 10 Tiere)
(Mittelwerte und $\pm s$)

Pathion	K.gew. (kg) Beg.	K.gew. (kg) Ende	tagl. Zunahme g	Wasseraufnahme l	Harn (kg)
IN ₂₂	20,00 ± 1,44	21,16 ± 1,75	119,0 ± 42,9	18,75 ± 1,49	18,10 ± 2,41
IN ₂₂ +Lys.	20,10 ± 1,64	20,70 ± 8,02	60,5 ± 45,0	22,19 ± 2,56	18,76 ± 2,16
N ₁₂₁	20,00 ± 2,53	21,11 ± 2,21	111,0 ± 29,9	22,56 ± 5,28	18,00 ± 7,74
N ₁₂₁ +Lys.	20,11 ± 1,51	21,46 ± 1,46	135,0 ± 34,7	21,81 ± 2,81	14,35 ± 5,28
IIN ₂₂	19,02 ± 2,86	20,52 ± 2,72	150,0 ± 21,0	22,50 ± 4,96	17,70 ± 9,77
IIN ₂₂ +Lys.	18,93 ± 3,01	20,43 ± 4,06	150,0 ± 21,0	18,00 ± 4,12	9,20 ± 3,47

Die Supplementierung der Variante N 22 führte im 1. Versuch zu einem um 50 % geringeren Gewichtszuwachs gegenüber der entsprechenden nicht supplementierten Ration. Da gerade bei den Tieren dieser Gruppe mit den geringsten Zunahmen (s. Tab. A 2 a) häufiger Durchfallerscheinungen zu beobachten waren, wird die Gewichtsentwicklung einem physiologischen Ungleichgewicht zugeschrieben, das durch die Lysinergänzung induziert wurde.

Die empfindliche individuelle Reaktion der Tiere dieser Gruppe ergibt sich aus der breiten Streuung der Zunahmen, für die sich ein Variationskoeffizient (V %) von 75,1 % errechnet. Im Versuch 2 lassen sich für die entsprechenden Gruppen keine Wachstumsunterschiede finden. Bei der Ergänzung der Variante N 121 mit Lysin wird ein um etwa 20% höherer Zuwachs gegenüber der Vergleichsgruppe erzielt, wobei, wie aus der Streuung zu entnehmen ist, ein relativ gleichmäßiger Wachstumsverlauf aller Tiere gegeben ist.

Ein gerichteter Einfluß zwischen Wasseraufnahme, Harnausscheidung und Qualitätskriterien kann aus Tab. 7 nicht entnommen werden. Ebenso wenig bedingt die Lysinergänzung einen höheren Wasserbedarf der Tiere.

3.2.2. Die biologische Proteinqualität

Zur Beurteilung der biologischen Proteinqualität der Hafervarianten wurden die Maßstäbe N-Verdaulichkeit, N-Resorbierbarkeit, Harn-N und Biologische Wertigkeit nach den im Stoffwechselversuch ermittelten Daten ausgewertet. Die entsprechenden Resultate sind in Tab. 8 als Mittelwerte der Versuchsgruppen und in Tab. A 3 a-c für die einzelnen Tiere wiedergegeben. Die statistische Abgrenzung der Resultate für die BW des 1. Versuchs wurde mit einer Varianzanalyse und dem multiplen t-Test (49) durchgeführt. Das Ergebnis ist in Tab. 9 dargestellt.

Tab.: 8

Die biologische Proteinqualität der Hafervarianten

(Mittelwerte und $\pm m$)

(Schweine, n=8, Versuchsdauer 10 Tage)

Versuch I

Ration	N-Aus (g)	N-verd. (%) $\bar{x}$	N-resb. (%)	% Harn N v. abs.	Gesamt N rel.	BW abs.	rel.
N 22	74,90	71,5 1,18	83,1 1,27	47,0 1,42	100,0	58,44 1,59	100,0
N 22 + Lys.	83,48	70,5 1,76	82,3 1,79	54,0 2,28	114,9	48,51 2,71	83,0
N 121	74,27	75,4 1,53	85,8 1,46	48,3 1,44	100,0	57,57 1,31	100,0
N 121 + Lys.	75,65	70,7 0,96	82,3 0,88	46,3 2,82	95,9	58,45 3,26	101,5
Versuch II							
N 22	74,63	69,4 1,55	81,0 1,55	44,6 1,16	100,0	58,96 2,05	100,0
N 22 + Lys.	75,82	74,3 1,7	85,9 1,7	50,1 2,68	112,3	55,19 3,62	93,0

Tab. 9: Statistische Abgrenzung für die BW des 1. Versuches

P _P	Q ₂	Q ₃	Q ₄	D ₂	D ₃	D ₄
5 %	2,89	3,48	3,80	6,840	8,237	9,074
1 %	3,89	4,45	4,80	9,207	10,533	11,361
Verfahren	D-Werte		A ₄	A ₁	A ₃	A ₄
			58,454	58,440	57,575	48,514
(A ₂) 48,514	D ₄	9,074	9,940 ⁺⁺⁺	9,926 ⁺⁺⁺	9,061 ⁺	0
		11,361				
(A ₃) 57,575	D ₃	8,337	1,079	0,865	0	
		10,533				
(A ₁) 58,440	D ₂	6,840	0,014	0		
		9,207				
⁺⁺⁺ hochsignifikant						
			$S \bar{x} = \frac{DQ}{n} (R) \quad D = Q \cdot S \bar{x}$			
⁺ signifikant						

Ein t-Test zur Prüfung der Signifikanz in den beiden Gruppen des zweiten Versuches ergab keine gesicherten Unterschiede. (Tab. A 3,c).

Aus der Gegenüberstellung in Tab. 8 und 9 läßt sich entnehmen, daß die beiden Hafervarianten allein in keinem der angegebenen Kriterien statistisch zu sichernde physiologisch belegbare Unterschiede aufweisen. Die Verminderung der BW von N 121 gegenüber N 22 von 1,5 % ist zufallsbedingt. Die Variationskoeffizienten für die BW (s. Tab. A 3 a-c) der nicht ergänzten Rationen liegen mit 7-8 % in einem statistisch annehmbaren Bereich.

Ähnlich wie in der Gewichtsentwicklung drückt sich die Ergänzung der Hafervarianten mit Lysin in den für die biolog. Proteinqualität gefundenen Kriterien aus. Die mit Lysin

angereicherte Variante N 22 führte im ersten Versuch zu einer um 17 % geringeren BW, wodurch sie sich von allen anderen Gruppen signifikant unterscheidet. Demgegenüber sind N-Verdaulichkeit und N-Resorbierbarkeit ebenso hoch wie bei der entsprechenden Basalration. Nur die N-Ausscheidung im Harn liegt bei Gruppe II mit dem Durchschnitt von 54 g um 15 % höher als bei der nicht supplementierten Vergleichsgruppe mit 47 g. Dieses zunächst überraschende Ergebnis war der Grund für den Wiederholungsversuch. Auch er ergab zwar nicht eine signifikante, mit 7 % Unterschied im BW, jedoch die gleiche Tendenz in der Beurteilung der Lysinergänzung zu N 22. Auch hier steht die geringere BW im Zusammenhang mit einem hohen, aber offenbar physiologisch nicht ausgenutzten Anteil resorbiertem N, da die Harn-N Ausscheidung um ca 12 % höher ist als bei der nicht ergänzten Vergleichsgruppe. Im Gegensatz dazu errechnet sich die absolut höchste BW des 1. Versuches für die supplementierte Variante N 121, die andererseits die geringste Harn-N Ausscheidung aufweist.

Vergleicht man die errechneten Indices für die Streuung und die Variationskoeffizienten innerhalb der Gruppen (s.A. 3 a-c) miteinander, so fällt auf, daß sie bei allen Ergänzungsgruppen für das Merkmal BW und Harn-N etwa doppelt so hohe Variabilitäten zwischen den Einzeltieren anzeigen wie bei den Basalgruppen. Die Ursache der hohen Harn-N-Ausscheidung bei den aufgewerteten Rationen kann aus den beschriebenen Analysendaten und der klassischen Methodik nicht ermittelt werden. Zur Klärung sind weitere methodische Schritte erforderlich, die in Kapitel 3.6. und 3.8. erläutert werden.

3.3. Die Durchgangszeit

- - - - -

Durch die Ermittlung der Durchgangszeit des Futters, d.h. des Zeitintervalls zwischen Nahrungsaufnahme und Ausscheidung der unverdaulichen Bestandteile im Kot, wurde festgestellt, wie lange die Tiere unter den vorgegebenen Versuchsbedingungen fasten mußten, um den gesamten Darmkanal

zu entleeren. Dieser Anhaltspunkt war für die weitere Versuchsanstellung erforderlich. Die mit der Indikatormethodik (Cr_2O_3) gewonnenen Ergebnisse sind in Fig. 4 dargestellt.

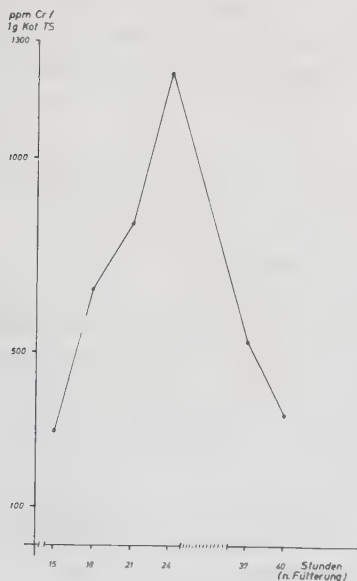


Fig. 4: Die Durchgangszeit des Futters beim Schwein

Die Ausscheidungskurve beginnt nach der Aufnahme der folgenden Mahlzeit (hier 15 h), nimmt sodann kontinuierlich zu - Bewegung des folgenden Verdauungsbreies hin zum Dickdarm - und erreicht etwa 1 h nach der 2. folgenden Mahlzeit (hier 24 h) ein Maximum. Der dann noch verbleibende Rest wird in weiteren Raten noch nach der 3. folgenden Mahlzeit (38 h), wobei er, wie aus den Konzentrationen geschlossen werden kann, schon mit dem folgenden Futter vermischt ist, ausgeschieden. Diese Ergebnisse stimmen mit den von anderen Autoren (71, 72, 73, 74) angegebenen Zeiten überein. Zum Zeitpunkt maximaler

Dickdarmentleerung zwischen 21 und 24 h sind die restlichen unverdauten Anteile der vorherigen Mahlzeit im Dickdarm angelangt. Ein Fastenintervall von 21 bis 24 h schien daher im vorliegenden Versuch ausreichend, um eine völlige Dünndarm-entleerung zu erreichen. Diese kurze Fastenperiode wurde angestrebt, um die Versuchstiere ruhig zu halten und einen eventuellen Einfluß auf den Stoffwechsel möglichst zu vermeiden.

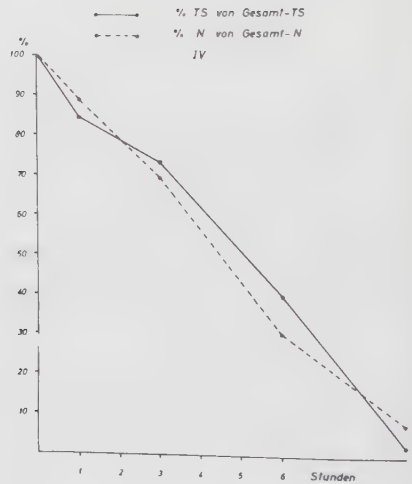
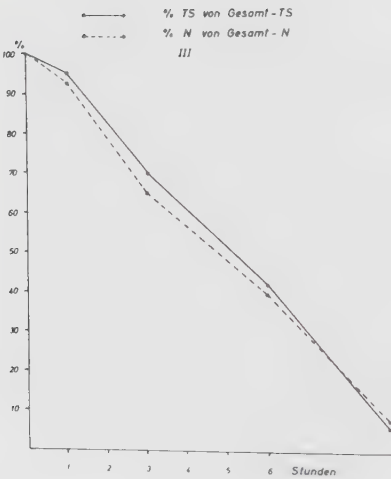
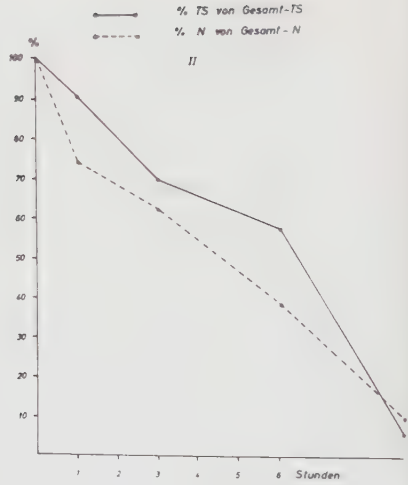
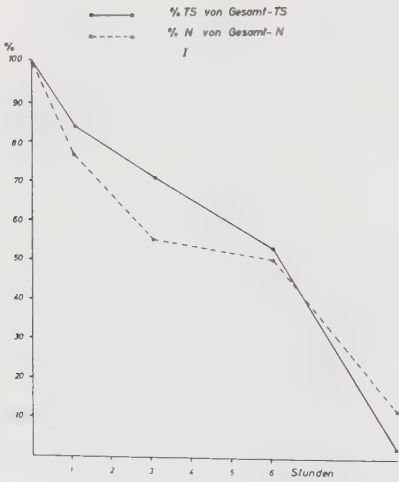


Fig. 5 a-d: Die Verdauungsgeschwindigkeit der TS und des N der Haferrationen

3.4. Die Verdauung von Futter und Gesamt-N im Intestinaltrakt

Der zeitliche Ablauf der Gesamt-Futter und Gesamt-N Verdauung wurde abgeschätzt, indem der nach einem definierten Zeitintervall in einem Verdauungsabschnitt gefundene Anteil Futter-TS und N zur aufgenommenen Menge in Beziehung gesetzt wurde. Er wird im folgenden als "Verdauungsgeschwindigkeit" bezeichnet.

3.4.1. Gesamt-TS und Gesamt-N im Magen-Dünndarmtrakt

Die im Magen und Dünndarm nach den Zeitpunkten 1 h, 3 h und 6 h, sowie der nüchternen Tiere gefundenen Mengen TS und N sind in Fig. 5 a-d, berechnet in % der verabreichten Substanzmenge, dargestellt. Die vier Kurvenpaare zeigen folgende charakteristische Übereinstimmungen: TS- und N-Kurven verlaufen ausgehend von 100 nahezu parallel abwärts; bei allen Gruppen liegt im Zeitabschnitt 1-6 h die Kurve für TS über der Kurve für Gesamt-N; bei nahezu vollständiger N- und TS-Verdauung schneiden sich die beiden Kurven, so daß bei den nüchternen Tieren Gesamt-N über TS liegt.

Die mittlere Verdauungsrate der Futter-TS beträgt nach 1 h 10-15 %, nach 3 h liegt sie um 30% und nach 6 h bei 45-60 %. Im Zeitintervall 3-6 h ergibt sich für die Variante N 121 die schnellere TS-Verdauung auf 60 %.

Bei den nüchternen Tieren wurden 10-20 g TS im Intestinaltrakt gefunden; das entspricht ca. 3 % der aufgenommenen Futter-TS. Diese 3 % hatten eine schleimig breiige Konsistenz, weswegen endogene Herkunft angenommen werden kann. Die Proteinspaltung verläuft nicht ganz so einheitlich wie die Gesamt-TS-Verdauung. Die Gruppen I und II zeigen mit den mittleren Verdauungsraten von 25 %, 46 % und 55 % gegenüber III und IV mit entsprechend 10%, 33%, 65% zunächst eine schnellere, dann aber zurückbleibende N-Verdauung.

Der N-Gehalt im Magen-Dünndarm-Trakt der nüchternen Tiere liegt mit durchschnittlich 0,65g bei R I und II über dem von R III und IV mit 0,5g. Das entspricht im Mittel aller Werte einer Menge von etwa 10% des verzehrten N.

Der TS- und N-Gehalt von Magen und Dünndarm
24, 1, 3 und 6 h nach der Fütterung
(Verzehr 453 g TS, 6,03 g N je Tier)

I.

h	Tier Nr.	Magen g TS	Dünndarm g TS	Summe g TS	Magen g N	Dünndarm g N	Summe g N
24	2/8	2,09	10,31	12,39	0,04	0,70	0,74
1	3/4	323,91	54,08	378,00	4,03	0,94	5,03
3	6/7	236,86	82,30	319,16	2,02	1,29	3,31
6	1/5	187,71	51,15	238,86	1,59	1,42	3,01

II.

24	10/16	12,38	13,59	25,96	0,11	0,53	0,63
1	9/11	325,07	82,16	407,23	3,51	1,33	4,83
3	14/15	244,04	68,42	312,46	3,00	1,04	4,04
6	12/13	213,11	45,29	258,39	1,46	1,02	2,48

III.

24	17/20	18,38	8,42	26,80	0,15	0,36	0,50
1	19/23	353,56	62,29	415,86	4,66	0,97	5,63
3	21/22	238,30	80,83	319,13	2,59	1,34	3,93
6	18/24	129,08	61,53	190,60	1,19	1,20	2,39

IV.

24	25/30	2,41	6,55	8,96	0,04	0,46	0,50
1	26/28	300,58	80,07	380,64	4,14	1,75	5,89
3	27/31	246,37	86,29	332,66	3,18	1,39	4,56
6	29/32	140,92	36,09	177,00	1,23	0,82	2,04

3.4.2. Verteilung löslicher und unlöslicher TS- und N-Anteile im Magen und Dünndarm

Zur weiteren Klärung des Verdauungsablaufes dienten die Analysendaten der in Sediment und Zentrifugat aufgeteilten Magen- und Dünndarminhalte. Sie sind in Tabelle 10 und A4 a-d zusammengestellt. Dazu können für die einzelnen Zeitintervalle folgende grundsätzliche Aussagen gemacht werden.

Nach 1h verbleiben noch zwischen 78(III) und 57%(IV) der Futter-TS als feste Bestandteile im Magen, während ca. 7, der TS im löslichen Anteil zu finden sind. Die im Dünndarm gefundene Menge TS mit 8-14% verteilt sich zu gleichen Teilen auf lösliche und unlösliche Bestandteile. Zum gleichen Zeitpunkt ist die Proteinverdauung prozentual schon weiter fortgeschritten, da um 50% N im Magen-Sediment, 15-20% N im Magen-Zentrifugat, 5-6% N im Dünndarm-Sediment und 10-15, im Dünndarm-Zentrifugat festgestellt werden können. Der lösliche Anteil ist prozentual reicher an N-haltigen Verbindungen als an Gesamt-TS.

Nach 3h ergibt sich für TS folgende durchschnittliche Verteilung: um 50% im Magen Sediment, 4-5, im Magen Zentrifugat, 8-9% im Dünndarm Sediment und 8-9% im Dünndarm Zentrifugat. Der Vorsprung der Eiweißverdauung bleibt auch da noch bestehen, da sich nur noch 30-35% im Magen-Sediment und um 12% im Zentrifugat befinden. Demgegenüber steigt der N-Gehalt im Dünndarm auf 6-8% unlösliche und um 13% lösliche Anteile am Gesamt-N an.

Nach 6h zeigt sich eine Gruppendifferenz in der TS-Verteilung. Die Gruppen der Variante N 22 enthalten noch 40-45% TS im Magen-Sediment, während sich für die Gruppen der Variante N 121 im Magen nur noch um 30% TS nachweisen lassen. Der Abbau der N-haltigen Komponenten nach 6h ist schon so weit fortgeschritten, daß zu diesem Zeitpunkt nur noch etwa 15-20% des verzehrten N im Magen-Sediment und 4-7% im Magen-Zentrifugat zu finden sind. Dabei gelten die höheren

Prozentsätze analog zur TS für die Gruppen der Variante N 22. Der N-Gehalt im Dünndarm beträgt nach 6h im Sediment 5%, im Zentrifugat 13%, wovon der größte Teil der endogenen Quote zuzurechnen ist, da er nur wenig über den Gehalt der nüchternen Tiere ansteigt. Aufschlußreich erscheint die Verteilung der N-Konzentration in der TS der Dünndarminhalte, die in Fig. 6 a, b dargestellt ist.

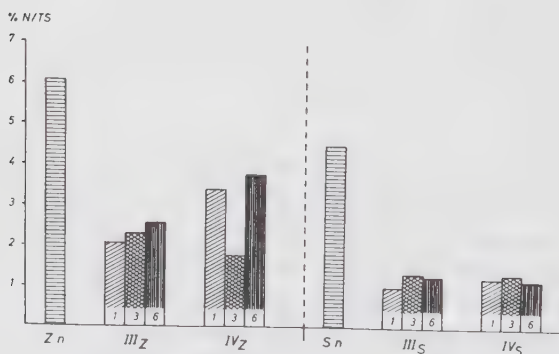
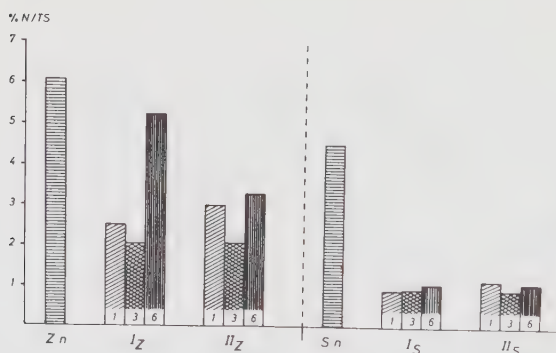


Fig. 6 a, b: Die Konzentration von N im Dünndarmextrakt (% N/TS)

Aus den Säulendiagrammen geht hervor, daß die nüchternen Tiere wesentlich höhere N-Konzentrationen in der TS, sowohl der Zentrifugate, als auch der Sedimente aufweisen als die gefütterten Tiere. Nach 3h wird die geringste Konzentration in der löslichen Fraktion gemessen; nach 6h steigt sie wieder an, ohne jedoch die Nüchternheitswerte schon zu erreichen. Die N-Konzentration in den Sedimenten zeigt bei einheitlichen Variationskoeffizienten von 10% eine geringe Variation über die Zeitintervalle und für die einzelnen Varianten.

Zwischen den Varianten mit der durchschnittlichen N-Konzentration von $1,03 \pm 0,11$ (N22) gegenüber $1,26 \pm 0,13$ (N 121) ergibt sich jedoch eine statistisch hochgesicherte ($P < 1$) Differenz von 22,3%. Sie entspricht den Unterschieden im Rohproteingehalt der Düngungsvarianten. Für die Zentrifugate lassen sich keine variantenabhängigen Differenzen ermitteln.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Lysinergänzung. Sie drückt sich in den 1h nach Fütterung gefundenen N-Konzentrationen aus. Sie sind mit durchschnittlich 3,0 (R II) gegenüber 2,5 (R I) bzw. 3,4 (R IV) gegenüber 2,1 (R I11) um 20% bzw. 64% erhöht. Nach 6h haben sich die N-Konzentrationen aller Gruppen wieder einander angeglichen.

3.4.3. Dickdarminhalt

Der Dickdarminhalt bestand aus einer Mischung unverdauter Reste der Testration und vorher verfütterter Rationen. Er konnte daher nicht in die durchgeführte TS- und N-Bilanz der Testration einbezogen werden, weswegen die Ergebnisse der Dickdarmanalyse für die weitere Auswertung nicht einbezogen wurden.

3.5. Die Charakterisierung der Proteinspaltprodukte

im Intestinaltrakt

Zur Charakterisierung der im Verlauf der Verdauung entstandenen Eiweißprodukte wurden die Merkmale α -Amino-N, die Fraktionierung der Dünndarmzentrifugate und der Anteil Lysin in den Fraktionen herangezogen.

3.5.1. α -Amino-N im Magen

Der Gehalt an α -Amino-N im Magenbrei in Abhängigkeit von der Zeit nach der Futteraufnahme ist in Fig.7 bzw. als Einzelanalyse in Tab. A 5 a,b wiedergegeben. Der absolute Anteil für α -Amino-N am gesamten Aminosäuren-N beträgt nach den Angaben von MOORE und STEIN (56) umgerechnet auf das Haferprotein 93,7%, da Prolin und Cystin nur zu 22% bzw. 55% und weitere AS zu 95% beim Vergleich mit einer Leucin-Eichkurve wiedergefunden werden. Bei den Berechnungen des prozentualen α -N-Anteils am Gesamt-N wurde eine entsprechende Korrektur vorgenommen.

Aus Fig. 7 ergeben sich folgende Gruppenunterschiede: Nach 1h lassen sich im Magen der Rationen I und III höhere α -N-Gehalte finden als bei R II und IV. Nach 3h ist dieses Verhältnis umgekehrt. 6h nach Fütterung zeigen die Gruppen der Variante N 22 etwa 20% höhere N-Gehalte als die der Variante N 121. Diese Beobachtung stimmt mit der Gesamt-N-Analyse überein. Der Rest α -N im Magen der nüchternen Tiere ist bei den einzelnen Gruppen zwar unterschiedlich hoch, erreicht jedoch nur maximal 3,5% (III) der nach 1h gemessenen Höchstwerte. Der prozentuale Anteil α -N am Gesamt-N im Magen ist in Tabelle 11 bzw. Tab. A 6 berechnet. Aus der letzten Spalte der Tabelle 11 läßt sich entnehmen, daß die Variante N 22 mit dem Mittelwert 81,0% einen um 6% höheren Amino-N-Anteil aufweist. Die Lysinergänzung bewirkte keinen Anstieg des α -Amino-Anteiles im Magen.

Die Geschwindigkeit der Magenverdauung

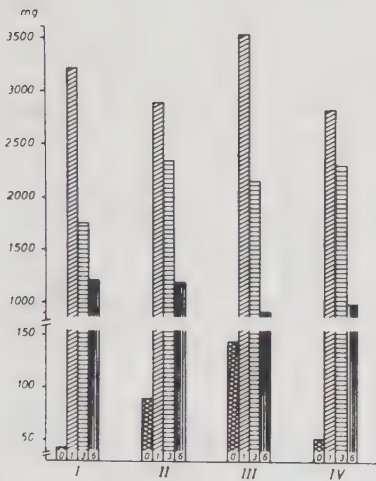


Fig. 7: Der α -Amino-N Gehalt im Mageninhalt (mg)

Eine weitere Charakteristik des α -Amino-N-Gehaltes im Magen ergibt sich aus der Aufteilung in löslichen und unlöslichen Anteil, die in Tab. 11 vorgenommen ist. Je nach Zeitpunkt beträgt der lösliche Anteil mit Ausnahme der nüchternen Tiere 15-30% des Gesamt α -N (Spalte 4), wobei für die Tiere der Variante N 22 der höhere prozentuale lösliche Anteil nach der 3. Stunde, der Variante N 121 nach der 1. Stunde gemessen wird. Während sich die Lysinergänzung bei R IV im Vergleich mit III zu den Zeitpunkten 1 und 3h in einem prozentualen Anstieg des löslichen α -N ausdrückt,

zeigt R II verglichen mit R I geringere lösliche Anteile.

Der Prozentsatz α -N am Gesamt-N liegt bei den Sedimenten mit durchschnittlich 88% weit höher als in den Zentrifugaten mit 69%. Während sich für die Zentrifugate aller Gruppen keine Unterschiede im α -N:N Verhältnis finden, übersteigt der α -N-Prozentsatz in den Sedimenten der Variante N 22 mit 91,1 %, den der Variante N 121 mit 84 % um 7,4 %. Das α -N:N-Verhältnis wird durch die Lysinergänzung weder in den Zentrifugaten, noch in den Sedimenten gerichtet beeinflusst.

Tab. 11: Der Gehalt von α -Amino-N im Magenextrakt
Prozentzahlen korrigiert auf eine Verlustrate von
6,3 % (Mittelwerte je Zeitpunkt)

Zeit	Sediment		Zentrifugat			Summe % v. NK*
	abs.	% v. NK*	abs.	% N-Ges. α -N	% v. NK*	
Mittel nüchtern	48,7	105,9	32,1	39,7	88,6	--

I.

1	2533,1	88,6	669,6	20,9	67,8	83,3
3	1303,8	102,8	455,4	25,9	71,2	92,2
6	983,4	82,4	229,5	18,9	67,2	81,2
$\bar{x}$		91,3			68,7	85,5

II.

1	2479,7	93,2	415,1	14,3	65,1	87,8
3	1792,9	87,0	550,9	23,5	72,5	83,1
6	950,1	92,6	248,5	20,7	72,1	87,7
$\bar{x}$		90,9			69,9	86,2

III.

1	2679,2	83,0	838,2	23,8	72,7	80,4
3	1713,2	93,3	427,8	20,0	72,0	88,1
6	714,5	86,1	198,1	21,8	68,8	81,4
$\bar{x}$		87,5			71,0	83,3

IV.

1	1989,9	75,0	818,9	29,2	62,6	72,9
3	1666,4	81,0	620,1	27,1	67,0	76,5
6	800,5	90,0	193,7	19,5	73,8	86,7
$\bar{x}$		82,0			67,8	78,7

* N-Kjeldahl

Tab. 12: Die Verteilung von α -Amino-N im Dünndarmextrakt
Meßwertkorrektur entsprechend 6,3 % Verlustrate
(Mittelwerte je Zeitpunkt)

Zeit	Sediment		Zentrifugat		
	mg	% v. NK *	mg	% v. NK *	rel. n=100
nüchtern N 22	27,5	83,7	285,2	53,1	100,0

I.

1	175,3	91,2	392,6	56,3	106,0
3	278,6	90,0	375,3	43,4	81,7
6	193,3	76,9	515,8	48,3	91,0
$\bar{x}$		86,1		49,3	92,8

II.

1	275,8	102,6	510,9	52,2	98,3
3	327,5	83,5	334,4	55,9	105,3
6	239,0	80,8	340,7	49,7	93,6
$\bar{x}$		89,0		52,6	99,1

nüchtern N 121	30,1	87,8	194,1	57,3	100,0
-------------------	------	------	-------	------	-------

III.

1	278,0	92,6	260,4	42,6	74,3
3	360,2	73,3	287,1	36,2	63,2
6	294,0	80,0	380,9	55,2	96,3
$\bar{x}$		82,0		44,7	78,0

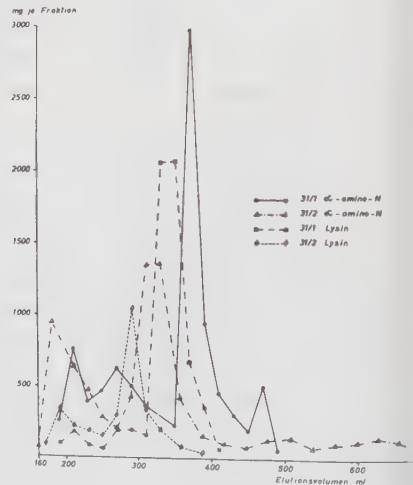
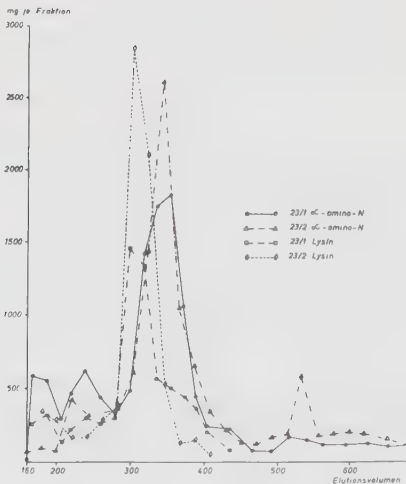
IV.

1	343,0	76,7	534,3	44,4	77,5
3	399,7	82,9	314,8	44,6	77,8
6	202,7	84,1	300,5	54,6	95,3
$\bar{x}$		81,2		47,9	83,6

* N-Kjeldahl

3.5.2. α -Amino-N im Dünndarm

Der in den Sedimenten und Zentrifugaten des Dünndarms nachweisbare absolute Gehalt an α -Amino-N ist in Tabelle 12 bzw. für Einzelwerte in Tab. A 7 a,b zusammengestellt. Die in Tab. 12 zusammengefaßten Ergebnisse für die Zentrifugate stellen die Summe der Meßwerte aller für ein Tier nach der Sephadex-Gelfiltration gewonnenen Fraktionen dar. Die in den einzelnen Fraktionen enthaltenen Mengen an α -Amino-N ließen sich von den an Hand der Analysendaten gezeichneten Elutionsdiagrammen ablesen. Als Beispiel werden die von den Tieren Nr. 23 und Nr. 31 ermittelten Diagramme in Fig. 8 und 9 beigefügt. Ihre Beschreibung erfolgt später im Zusammenhang mit der Fraktionierung der Dünndarmzentrifugate.



III: Tötung nach 1h

IV: Tötung nach 3h

Fig. 8 und 9: Elutionsdiagramme der Dünndarmzentrifugate nach Sephadex-Gelfiltration

Die in Tabelle 12 dargestellten Analysenergebnisse lassen bei allen Gruppen analog zum Gesamt-N den maximalen absoluten α -N Gehalt in den Sedimenten nach 3 h erkennen. Die beiden Gruppen der Variante N 121 enthalten in den Sedimenten eine absolut größere Menge α -N als die der Varianten N 22. Die Supplementierung bewirkt einen Anstieg des Sediment α -N Gehaltes nach einer und drei h.

Bei der prozentualen Berechnung des α -N Anteils vom Gesamt-N im Sediment ergeben sich im Mittel um 86 % α -N. Auch hier tritt, ähnlich wie bei der Magenanalyse, eine Differenz von 7,3 % zwischen den Gruppen der Varianten N 22 mit $\bar{x} = 87,6$ % und N 121 mit $\bar{x} = 81,6$ % auf. Einheitliche Tendenzen auf Grund der Zeitpunkte oder Supplementierung lassen sich auch hier nicht finden. Nur für N 22 besteht ein Trend zur Verringerung des α -N Anteils mit fortlaufendem Zeitintervall.

Im Gegensatz zu den Sedimenten, für die sich bei den nüchternen Tieren etwa 1/10 α -N von der Höchstmenge errechnet, beträgt bei den Zentrifugaten der Gehalt bei den nüchternen Tieren etwa die Hälfte der absoluten Höchstmengen. Die Mittelwerte der nüchternen Tiere von N 22 sind um 70 % höher als die der entsprechenden Tiere von N 121.

Die stoffwechselaktive Zentrifugatfraktion zeigt erhebliche varianten-, zeit- und ergänzungsabhängige Differenzen. Die absoluten Gehalte der N 121 Gruppen sind niedriger als die der N 22 Gruppen, wobei sich die α -N Summen aus Sediment und Zentrifugat beider Varianten ausgleichen. Bei Abzug der Nüchternwerte verringern sich jedoch die α -N Gehalte der N 22 Gruppen stärker, so daß sich für Gruppe II die niedrigsten Werte ergeben. Nach Zeitpunkten betrachtet, zeigen die Basal-Rationen I und III nach 6 h, die Ergänzungsrationen II und IV jedoch nach einer Stunde die maximalen absoluten α -N Gehalte.

Auffallend niedrig ist der Prozentsatz α -N/Gesamt N in den Zentrifugaten mit maximal 57 %. Die Nüchternwerte gleich

100 gesetzt ergeben sich unabhängig von Zeitpunkt und Ergänzung für die Variante N 22 im Mittel 96 %, für N 121 im Mittel 81 % α -N. Die Ergänzungsgruppen beider Varianten zeigen dabei 6 % höhere α -N Anteile.

Bei der Verteilung von α -Amino-N auf den proximalen und distalen Dünndarmabschnitt unterscheiden sich die Tiere, wie aus Tab. A 7 a,b hervorgeht, erheblich. Nur bei den nüchternen Tieren bleibt das Verhältnis α -N zu Gesamt-N im 1. und 2. Abschnitt etwa konstant. Nach der 1. und 3. h liegt der Anteil α -N im 1. Abschnitt im Mittel um etwa 10 % höher als im 2. Abschnitt. Nach 6 h stellt sich wiederum das bei den nüchternen Tieren gefundene Verteilungsgleichgewicht ein.

3.5.3. Fraktionierung der Zentrifugate

Die Trennung der α -N-haltigen Spaltprodukte in einen protein-, peptid- und aminosäuregebundenen Anteil ergibt sich aus den Elutionsdiagrammen (Fig. 8, 9). Der Vergleich der ermittelten Testdiagramme mit der Kalibrierung der Säule (Fig. 2) erlaubt die Quantifizierung der Moleküle der drei Größenordnungen für jede Fraktion. Die daraus berechneten Ergebnisse sind, aufgeteilt in die prozentualen Anteile, in Fig. 10 a,b dargestellt.

Aus der Darstellung läßt sich entnehmen, daß der Proteinanteil in der Größenordnung zwischen 12 % und 22 % liegt. Dabei ergeben sich zwischen den Zeitintervallen größere Schwankungsbreiten als zwischen den Gruppen, die alle ein gleichartiges zeitlich bedingtes Auf und Ab zeigen. Der Proteinanteil beträgt bei den nüchternen Tieren 16,5 - 19,5 % und fällt nach 1 h auf 10 - 16 % ab. Nach 3 h steigt er wiederum auf das Ausgangsniveau oder gar darüber an. Die nach 6 h gemessenen Werte liegen zwischen denen von 0 und 1 h.

Bemerkenswert erscheint die Verteilung der Proteinfraction in dem vorderen und hinteren Dünndarmabschnitt, wobei sich im Durchschnitt aller Werte für die einzelnen Zeitintervalle folgende Aufgliederung ergibt:

Zeit	1. Abschnitt	2. Abschnitt
nüchtern	12,8	24,4
1 h	14,1	14,7
3 h	14,1	25,5
6 h	14,0	20,0

Der Anteil im 2. Abschnitt liegt mit Ausnahme des Zeitpunktes 1 h um ein Drittel bis zur Hälfte höher als im 1. Abschnitt.

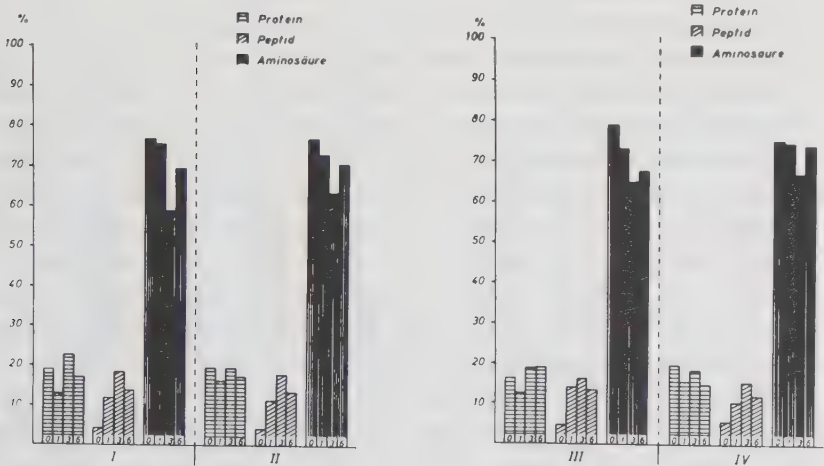


Fig. 10 a, b: Die prozentuale Verteilung von α -Amino-N in der "Protein-, Peptid- und Aminosäurenfraktion" der Dünndarmzentrifugate

Der im Molekulargrößenbereich der Peptide liegende Anteil α -N zeigt größere zwischenzeitliche Intervalle als die Proteinfraktion. Bei den nüchternen Tieren beträgt er im Mittel 5 %, nach 1 h steigt er auf 10,5 - 14 % an und erreicht nach 3 h mit 15-19 % die maximale Höhe. Nach 6 h ist

die Peptidfraktion wiederum auf einen Anteil um 13 % abgefallen. Die Gruppen von N 121 zeigen geringere Schwankungsbreiten als die von N 22. Ein Einfluß der Lysinergänzung auf den prozentualen Anteil der Peptidfraktion liegt nicht vor. Die Verteilung des Peptidanteils im vorderen und hinteren Dünndarmabschnitt ist nicht so stark differenziert wie die der Proteine. Bei einem mittleren Unterschied von 15-20 % ergibt sich nach 1 h ein entsprechend höherer Prozentsatz in a, nach 3 und 6 h ein höherer Anteil in b. Die größere Differenz von 11 % (a) gegenüber 24 % (b) ergibt sich bei Gruppe II nach 3 h.

Entgegengesetzt zur Peptidfraktion verändert sich der Aminosäurenanteil, der bei abfallender Peptidfraktion ansteigt und bei ansteigendem Peptidanteil wieder abfällt. Insgesamt nimmt die Aminosäurenfraktion je nach Zeitpunkt etwa 60-80 % der im Zentrifugat gefundenen N-Spaltprodukte ein. Ausgehend von einer mittleren Höhe von 76,5 % bei den nüchternen Tieren verringert sich die AS-Fraktion nach 1 h auf etwa 73 %, nach 3 h auf 63 % und steigt nach 6 h wieder auf die Werte um 70 % an. Parallel zum Peptidverhalten ergeben sich höhere Schwankungen für die Gruppen der Variante N 22. Auch für die AS-Fraktion läßt sich eine unterschiedliche Verteilung im Darmabschnitt a und b nachweisen. Sie liegt im distalen Abschnitt im Durchschnitt um 10-15 % niedriger als im proximalen Teil. Nur zum Zeitpunkt 1 h verteilt sich der AS-Anteil mit 72,5 (a) bzw. 74,6 (b) annähernd gleich hoch über den ganzen Dünndarm.

3.6. Das Verhalten von Lysin im Intestinaltrakt

- - - - -

Analog zur Analyse des Gesamt-N und α -Amino-N wurde in eben denselben Extrakten das Verhalten von Lysin als Modellaminosäure verfolgt. Dabei sollte u.a. festgestellt werden, ob ein spezifisches Verhalten des supplementierten Lysin vorliegt bzw. ob durch die Anreicherung der Ablauf der Gesamtverdauung beeinflusst wurde.

3.6.1. Die Konzentration von Lysin im Magen

Das Verhalten von Lysin im Magen kann aus den Ergebnissen der Magenanalyse, die in Fig. 11 wiedergegeben sind, beobachtet werden.

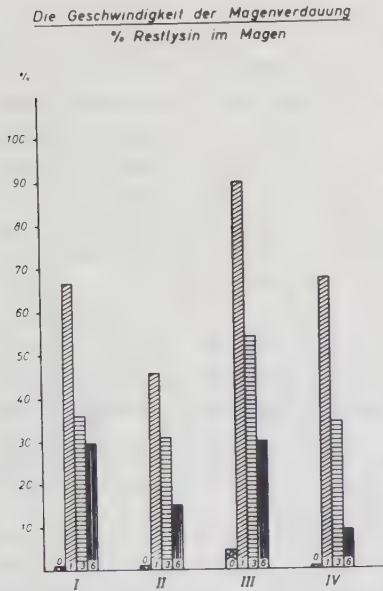


Fig. 11: Der Lysingehalt im Magen in % vom Verzehr.

lysin auf als die entsprechenden Basaldiäten. Diese Beobachtung läßt sich aus der in Tab. 13 vorgenommenen Aufteilung des Lysingehaltes auf löslichen und unlöslichen Speisebrei erklären. Der im Sediment gefundene Prozentsatz Restlysin ist bei den angereicherten Rationen um etwa 50 % niedriger als bei den Vergleichsgruppen, wenn auch die absoluten Gehalte nach 1 und 3 h höher liegen. Andererseits ist der im Zentrifugat gefundene Prozentsatz Lysin von der aufgenommenen Menge bei den Gruppen der Variante N 22 etwa gleichhoch, während

Fig. 11 gibt einen Überblick über den nach den gemessenen Zeitintervallen im Magen zurückgebliebenen Anteil des aufgenommenen Lysins. Es ergibt sich ein stufenweiser Abfall von der 1. zur 6. Stunde. Während nach der 1. und 3. h der Prozentsatz Restlysin in den Gruppen der Variante N 121 den der vergleichbaren Gruppen von N 22 übersteigt, haben sich nach 6 h die Unterschiede zwischen den Varianten wieder ausgeglichen.

Bei beiden Varianten weisen die supplementierten Rationen nach 1 und 3 h einen um 1/3 bis 1/2 geringeren Prozentsatz Rest-

Tabelle: 13

Der Lysingehalt im Mageninhalt
(Mittelwerte je Zeitintervall)

I

Zeit	Lysin verzehrt (v)	Sediment		Zentrifugat		Summe mg
		mg	% von v	mg	% von v	
24	-	8,63	-	11,82	-	20,45
1	1565,0	728,29	46,54	318,63	20,36	1046,92
3	"	349,36	22,32	215,22	13,75	564,58
6	"	351,49	22,46	112,49	7,19	463,98

II

24	-	20,61	-	30,24	-	50,85
1	4150,0 ⁺⁾	1051,51	25,34	847,19	20,41	1898,70
3		781,09	18,82	495,43	11,94	1276,52
6		449,46	10,83	179,89	4,33	629,35

III

24	-	36,04	-	15,76	-	51,80
1	1255,0	801,83	63,89	316,15	25,19	1117,98
3	"	493,63	39,33	184,40	14,69	678,03
6	"	273,79	21,82	101,96	8,12	375,75

IV

24	-	25,74	-	8,29	-	34,04
1	4150,0 ⁺⁾	1126,63	27,15	1675,07	40,36	2801,70
3		645,73	15,56	778,51	18,76	1424,24
6		248,88	6,00	109,75	2,64	358,63

⁺⁾ Lysin in den Ergänzungsrationen, bestehend aus:

II 1565,0 mg nativem Lysin
2585,0 mg synthetischem Lysin

IV 1255,0 mg nativem Lysin
2904,0 mg synthetischem Lysin

die supplementierte Ration der Variante N 121 nach 1 h einen bedeutend höheren, nach 3 h einen gering höheren Prozentsatz Restlysin aufweisen. Entsprechend höher ist der absolute Lysingehalt von R IV gegenüber R III.

Aus Tab. A 8 a,b läßt sich entnehmen, daß die Konzentration in den Sedimenten zu den Testzeiten gleichförmig bei 3-6 g Lys./16 g N liegt, also im Größenbereich der Konzentration im Futter. Demgegenüber steigen in den Zentrifugaten der supplementierten Gruppen besonders nach 1 und 3 h die Lysinkonzentrationen auf Werte an, die nur durch vorhandenes freies Lysin erklärt werden können.

Aus der Bilanzierung des Lysingehaltes im Magen ergibt sich, daß nach 1 h bei R II bereits 64 % des aufgenommenen Lysins, bei R IV erst 32 % den Magen verlassen haben. Zum Zeitpunkt der Nivellierung des Restlysingehaltes nach 6 h wurden von den Basalgruppen I und III etwa 1000 mg, von den Ergänzungsgruppen etwa 3600 mg Lysin aus dem Magen ausgespült. Der größte Anteil davon, 66-70 %, war bereits nach 3 h in den Dünndarm weiterbefördert.

3.6.2. Die Verteilung von Lysin im Dünndarm

Da der endogene Lysingehalt im Magen um 1 % für die Berechnung vernachlässigt werden kann, konnte zur Charakterisierung des Verdauungszustandes im Magen der dort gefundene Lysingehalt direkt in Prozent des verzehrten Lysins ausgedrückt werden. Zur Schilderung der Umsetzungsvorgänge im Dünndarm eignet sich dieser Parameter nicht, da im Dünndarmsaft der nüchternen Tiere ein erheblicher Gehalt an Lysin gemessen wird (75), der der endogenen Quote entstammt. Die Beurteilung des Verdauungsvorganges kann also nur an Hand des augenblicklich vorgefundenen Mischungsverhältnisses im Darmtrakt vorgenommen werden.

Der Lysingehalt im Dünndarmextrakt (Mittelwerte)

I

Zeit	Zentrifugat (mg)	Sediment (mg)	Summe abs.	Abweichung v. Basal (%)	% v. Magenlys.
nüchtern	158,6	14,7	172,3		
1	156,6	76,8	233,4		22,3
3	130,7	118,0	248,7		44,0
6	238,8	97,1	336,0		72,4

II

nüchtern	93,6	11,7	105,2		
1	285,5	89,1	374,6	160,5	19,7
3	161,1	136,9	298,0	120,0	21,7
6	168,0	106,2	274,3	31,6	43,6

III

nüchtern	101,3	8,4	109,6		
1	122,0	73,1	195,1		17,5
3	137,6	148,4	286,0		42,2
6	111,3	103,4	214,7		60,0

IV

nüchtern	98,5	16,1	146,6		
1	186,6	143,0	328,7	168,5	11,7
3	161,8	187,3	394,1	122,0	27,8
6	110,0	94,6	204,7	95,3	57,1

3.6.2.1. Gesamt - Lysin im Dünndarm

Die im Dünndarminhalt gemessene Gesamtmenge Lysin ist in Tabelle 14 zusammengefaßt. Auffallend hoch erscheint daraus der Lysingehalt in den Zentrifugaten der nüchternen Tiere, der z.T. ebenso hoch ist wie der nach den definierten Zeitintervallen wiedergefundene Betrag. Die supplementierten Rationen enthalten nach 1 h 160-170 %, nach 3 h um 120 % der Lysinmenge der entsprechenden Basalrationen (Spalte 4). Nach 6 h unterschreiten sie die vergleichbaren Werte der Grundmischungen.

Die absolute Lysinmenge in den Sedimenten steigt bis 3 h an und ist im Intervall 3-6 h wieder rückläufig. In den Gruppen der Variante N 121 lassen sich höhere Mengen Lysin nachweisen als in denen von N 22. Die Lysinergänzung tritt mengenmäßig hervor in einem Anstieg nach 1 und 3 h.

Nicht ganz so einheitlich wie für die Sedimente stellt sich der Lysingehalt der Zentrifugate dar. Aus den Basalrationen kommt es zu keiner nennenswerten Anreicherung des Gesamtlysins über die Nüchternwerte. Die ergänzten Rationen lassen bereits nach 1 und 3 h eine Anschwemmung freien Lysins im Darmsaft erkennen, die, besonders deutlich bei R II, im Zusammenhang mit der schnelleren Entleerung aus dem Magen steht. Ein variantenabhängiges Verhalten des Lysins der Zentrifugate ergibt sich aus dem geringfügig niedrigeren Lysingehalt der Gruppen von N 121.

Stellt man die Gesamtmenge Dünndarmlysin dem im Magen verbleibenden Lysin gegenüber (Spalte 5), so läßt sich errechnen, daß der Lysingehalt im Dünndarm, bezogen auf % des Magengehaltes des entsprechenden Zeitpunktes, bei Basal- und Ergänzungsrationen unterschiedlich zunimmt. Der prozentuale Anstieg ist bei den supplementierten Gruppen wesentlich niedriger als bei den Basalgruppen. Das zugesetzte Lysin verläßt demnach den Dünndarm schneller als das eiweißgebundene.

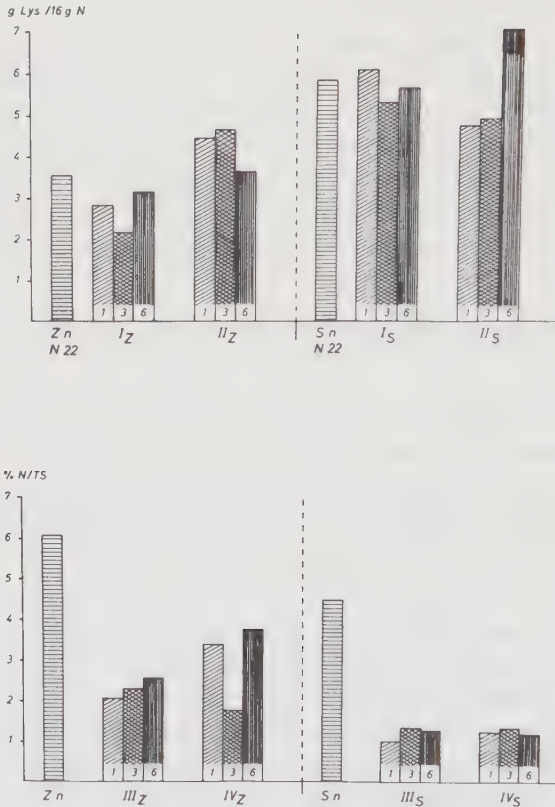


Fig. 12: Die Veränderung der Konzentration von Lysin (g/16 g N) in den Dünndarmextrakten während der Verdauung.

Die Konzentration des Dünndarmlysins im löslichen und unlöslichen Dünndarmbrei ist in Fig. 12 a,b bzw. Tab. A 9 a-c dargestellt. In den Sedimenten ergeben sich Konzentrationsunterschiede mit den Varianten, der Ergänzung und der zeitlichen Verteilung. Die Basalrationen unterscheiden sich hinsichtlich der Höhe der Konzentration um etwa 23 % zu ungunsten

von R III. Allerdings verhalten sich bei beiden die zeitlichen Schwankungen gerade umgekehrt, so daß sich zum Zeitpunkt 3 h gleichhohe Lysinkonzentrationen ergeben. Die beiden ergänzten Rationen zeigen nach 1 und 3 h eine gleichhohe Konzentration, die sich bei R II um 10 % unter, bei R IV um 10 % über der entsprechenden Basalgruppe einstellt. Während sich bei den angereicherten Mischungen nach 1 und 3 h kaum Konzentrationsdifferenzen finden, steigt sie bei ihnen nach 6 h zu den höchsten gemessenen Werten an.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Sedimente stimmt die Höhe der Lysinkonzentration in den Zentrifugaten der Basalgruppen überein, wobei nach der 1. und 6. h die höheren, nach der 3. h die niedrigeren Werte gemessen werden. Besonders nach 1 h wird die Konzentration jedoch von den unterschiedlichen Spiegeln der nüchternen Tiere stark beeinflusst. Die Ergänzung bewirkt bei den beiden entsprechenden Gruppen im Vergleich mit den jeweiligen Grundrationen einen Anstieg der Lysinkonzentration von durchschnittlich 80 % bei R II bzw. 50 % bei R IV nach 1 und 3 h.

3.6.2.2. Die Verteilung von Lysin auf die Eiweißspaltprodukte des Dünndarmzentrifugates

Die in den einzelnen Fraktionen des Eluats gemessenen Lysingehalte sind beispielsweise in den Elutionsdiagrammen Fig. 8, 9 eingetragen. Die Auswertung der Diagramme an Hand der Kalibrierung (Fig. 2) ergab die in Fig. 13 dargestellte Aufgliederung des Gesamtlysins auf die Protein-, Peptid- und freie AS-Fraktion der Zentrifugate. Die einzelnen Analysen können aus Tab. A 9 a-d entnommen werden.

Aus Fig. 13 a, b lassen sich folgende Zusammenhänge erkennen: Der proteingebundene Anteil Lysin beträgt im Mittel bei den Gruppen N 22 9 %, bei den von N 121 11 %, was einer Differenz von 20 % entspricht. Bei nur geringen zeitlichen Schwankungen werden die höchsten Prozentsätze von 10 % (I, II) bzw. von 13 % (III, IV) nach 3 h gemessen. Höhere zwischenzeitliche Differenzen ergeben sich für den peptidgebundenen Lysinanteil. Er beträgt bei den nüchternen Tieren

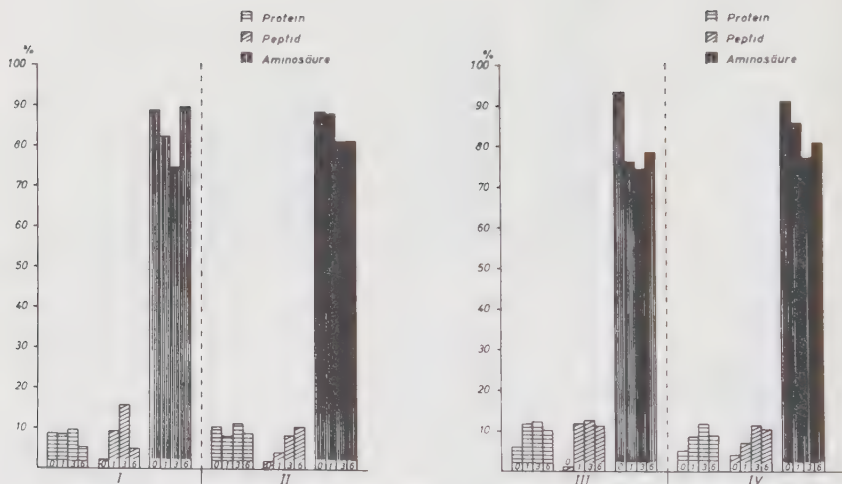


Fig. 13 a,b: Die prozentuale Verteilung von Lysin auf die Eiweißspaltprodukte des Dünndarmzentrifugates

durchschnittlich 2,5 %, nach 1 h 8,0 %, nach 3 h 12 % und nach 6 h 9 %. Diesem Verteilungsmuster folgen alle Gruppen mit Ausnahme von II. Dabei zeigen die Gruppen der Variante N 22 größere Intervalle bei insgesamt ca. 20 % niedrigerem Peptidanteil ($\bar{x}$ 8,5 %) als die N 121 Gruppen ($\bar{x}$ 10,5 %).

Die AS-Fraktion reagiert im Verteilungsmuster varianten- und ergänzungsabhängig. In der zeitlichen Verteilung verhält sie sich der Peptidfraktion gerade entgegengesetzt. Ausgehend von den nüchternen Tieren, bei denen sie im Mittel aller Gruppen 90 % beträgt, verringert sie sich stufenweise bis 3 h nach der Fütterung, um nach 6 h wiederum anzusteigen. Nur die Tiere der Gruppe II lassen sich in dieses Verteilungsmuster nicht einpassen, da bei ihnen der Prozentsatz Lysin der AS-Fraktion zu den Zeitpunkten nüchtern und 1 h, sowie

3 und 6 h jeweils gleich hoch liegt.

Unterschiede zwischen den Varianten bestehen darin, daß die Gruppen von N 121 im Durchschnitt um 6 % weniger freies Lysin aufweisen, wobei sie gleichzeitig geringere Schwankungen über die Zeitintervalle erkennen lassen. Die AS-Ergänzung drückt sich einheitlich bei beiden supplementierten Rationen im Vergleich mit den Basal-Gruppen in einem Anstieg des freien Lysins um etwa 5 % nach 1 h aus. Im übrigen bleibt das Mischungsverhältnis im Zentrifugat durch die Ergänzung unberührt.

Aus Tab. A 9 a-d, in der eine Aufgliederung in vorderen (a) und hinteren (b) Dünndarmabschnitt vorgenommen ist, läßt sich entnehmen, daß die Fraktionen nach Abschnitten verschieden verteilt sind. Aus den errechneten Gesamtdurchschnitten ergibt sich folgendes Verteilungsbild:

	Protein	Peptid	freie AS
1. Abschnitt	6,3	6,8	86,8
2. Abschnitt	11,8	9,2	78,9

Die bei der α -N-Analyse aufgezeigten Tendenzen lassen sich demnach auch für Lysin wiederfinden. Der 2. Dünndarmabschnitt enthält einen wesentlich höheren Anteil Protein- und Peptid-Lysin bei einem entsprechend niedrigerem Anteil freien Lysins.

3.7. Die Lysinausscheidung im Kot

- - - - -

Durch die Anwendung der Technik mikrobiologischer Aminosäurenbestimmung konnte im vorliegenden Experiment in einem "Assay" der Lysingehalt aller Kot-Hydrolysate ermittelt werden. Bezogen auf die Ergebnisse des N-Bilanzversuches wurde versucht, die Gesamt-Lysinausscheidung während des Hauptversuches zu berechnen. Einschränkend muß jedoch, wie im II. Kapitel schon dargestellt, darauf hingewiesen werden,

daß das Kotmaterial nicht während der Versuchsperiode entnommen wurde. Da die Tiere während der Sammelperiode jedoch gleichartig weiterbehandelt wurden, erscheint eine Übertragung zulässig. Die Resultate der Kotanalyse sind in Tab. 15 als Gruppenmittel angegeben. Die Einzelergebnisse finden sich in Tab. A 10 a, b.

Tabelle 15: Die Ergebnisse der Frischkotanalyse
(Gruppenmittel und Standardabweichung)

Gruppe Parameter	I	II	III	IV
TS %	3 2,79	32,64	35,27	34,18
± s	3,94	3,21	3,31	2,31
% N/TS	0,95	1,50	1,36	1,51
± s	0,15	0,40	0,34	0,24
g Lys/16 g N	6,48	4,21	5,36	5,04
± s	0,56	0,79	0,94	1,47
% Lys/TS	0,38	0,38	0,44	0,47
± s	0,02	0,07	0,08	0,15
Kot kg TS	2,12	2,14	1,70	1,85
Lys ausgesch.	8,08	8,21	7,53	8,62
± s	1,43	1,78	1,96	2,55
Lys verzehrt	23,55	62,25	18,83	62,25
% Lys ausg.	34,28	13,18	39,99	13,85

Der Proteingehalt der Kot-TS liegt in seiner absoluten Höhe in der Größenordnung des Proteingehaltes der Hafervarianten. Demgegenüber übersteigt die Lysinkonzentration im Protein(g/16 g N) die entsprechenden Werte der nicht supplementierten Futterrationen um etwa das Doppelte.

Die Höhe der Lysinausscheidung ergibt sich aus den Parametern % Lysin/TS und kg Kot/TS. Die beiden angereicherten Gruppen II und IV scheiden, verglichen mit ihren entsprechenden Grundrationen 3 % bzw. 14 % mehr Lysin aus. Ein Test auf

Signifikanz zwischen den Gruppen mittels einer Varianzanalyse verlief negativ ($F=0,443$), da besonders innerhalb der Ergänzungsdiäten, wie aus Tab. A 10 a,b zu erkennen ist, sehr hohe Variationen vorliegen. Die Lysinausscheidung in Prozent des aufgenommenen Lysins liegt bei den Basalgruppen mit 34 bzw. 40 % höher als die N-Ausscheidung in %. Bei den angereicherten Rationen beträgt die prozentuale Lysin-Ausscheidung einheitlich 13 % oder etwa $1/3$ des für die Basalrationen gefundenen Prozentsatzes. Es entspricht dies in etwa der Zusammensetzung des Gesamtlysins in den Ergänzungsrationen, das zu etwa $1/3$ aus nativem proteingebundenem und zu etwa $2/3$ aus synthetischem Lysin bestand.

3.8. Die Anflutung der Aminosäuren im Portalblut

- - - - -

Die Anflutung der Aminosäuren im Pfortaderblut wurde im Hinblick auf die Intensität der Verdauung und der Resorptionskinetik einer supplementierten AS untersucht. Als Bezugssystem für die gesamten, in einer Zeiteinheit angelieferten freien ASn wurde das α -Amino-N im enteweißten Plasma bestimmt. Dem Nachweis des Verhaltens einzelner ASn diene der Test auf die limitierenden bzw. ergänzten ASn Lysin und Methionin. Es konnten nur "Momentaufnahmen" über den zu einem definierten Zeitpunkt vorliegenden Zustand gemacht werden. Ihre Aussage beschränkt sich auf den Vergleich mehrerer zum gleichen Zeitpunkt gewonnenen Meßwerte. Hiermit gewinnt man einen geeigneten Maßstab für die relative, resorbierte Menge Blut in einem Zeitintervall.

3.8.1. α -Amino-N im Portalblut

Die im Blut der Pfortader gefundene Konzentration von α -Amino-N (mg/100 ml) ist in Tabelle 16 bzw. für Einzelwerte in Tabelle A 11 wiedergegeben. Die Darstellung in Fig. 14 gibt den zeitlichen Ablauf der Resorptionsintensität wieder, wobei die bei den nüchternen Tieren jeder Gruppe gemessene Konzentration als Vergleichswert = 100 gesetzt ist. Aus den

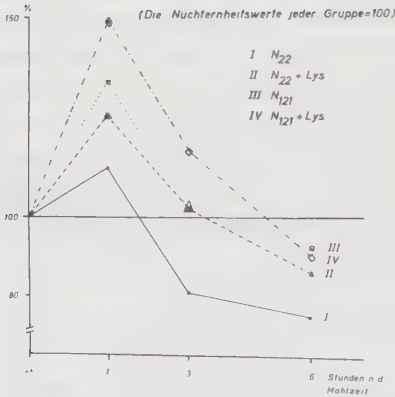


Fig. 14: Die Veränderung der Konzentration von α -Amino-N im Blut der Pfortader

tuale Anflutung als die Gruppen von N 22 mit 112 % (I) bzw. 125 % (II). Die Ergänzung drückt sich bei beiden Varianten in einer Erhöhung der α -N-Konzentration von 14 % über die Basalgruppen gleichsam nach 1 und nach 3 h aus.

Bei der Gegenüberstellung der absoluten α -N-Gehalte im Plasma bzw. des Gruppenvergleichs bei einem Durchschnitt aller nüchternen Tiere (Tab. 1b) ergibt sich eine andere Beurteilung. Die nüchternen Tiere zeigen eine erhebliche Variation im α -N-Spiegel zwischen den Gruppen bei engen Wertepaaren innerhalb der Gruppen. So liegt Gruppe I mit 10,86 mg/100 ml über und Gruppe III mit 7,87 mg/100 ml am weitesten unter dem gemeinsamen NW von 8,78 mg/100 ml. Nach 1 h ergibt sich für R I und R IV ein gleich hoher Anstieg auf 136-139 %, Kurvenverläufen läßt sich entnehmen, daß die Konzentration bei allen Gruppen über die Nüchternwert-Gerade (NW) auf ein Maximum nach 1 h ansteigt. 3 h nach Futteraufnahme ist die Konzentration wieder stark abgefallen und unterschreitet nach 6 h bei allen Gruppen die Nüchternwerte. Die Höhe des Anstiegs der α -N Gehalte über den bei den entsprechenden Gruppen gemessenen NW verändert sich in Abhängigkeit von Varianten und Ergänzung. Die Gruppen der Variante 121 zeigen mit einem maximalen Anstieg von 134 % (III) bzw. 148 % (IV) vom NW eine höhere prozentuale

Tab. 16:

Die Konzentration von α -Amino-N, Lysin und Methionin
im Pfortaderblut (mg/100 ml)

I

Zeit	α -Amino-N		Lysin		Methionin	
	mg/100ml	%v.d.NW ⁺	mg/100ml	%v.d.NW ⁺⁺	mg/100ml	%v.d.NW ⁺⁺⁺
n	10,86	123,8	6,47	126,0	2,11	95,7
1	12,17	138,6	7,50	146,5	2,13	98,5
3	8,81	100,3	3,95	77,1	2,09	94,4
6	8,19	93,3	3,23	63,1	1,77	79,9

II

n	8,35	95,5	4,32	83,8	2,25	101,8
1	10,48	119,4	9,88	193,0	1,93	87,1
3	8,56	97,5	6,90	134,8	2,02	91,4
6	7,23	82,3	5,14	100,4	1,98	89,4

III

n	7,87	89,7	4,86	94,5	2,42	109,5
1	10,52	119,8	6,13	119,7	1,94	87,6
3	8,07	91,9	3,42	68,8	1,90	86,0
6	7,30	83,1	2,76	53,9	1,96	88,5

IV

n	8,04	91,6	4,81	93,5	2,05	93,0
1	11,93	135,9	12,32	240,6	2,37	107,5
3	9,40	107,1	9,42	184,0	2,04	92,2
6	7,32	83,4	5,78	112,9	1,52	68,7

+	Durchschnitt aller nüchternen Tiere	8,78	mg/100 ml
++	"	5,13	"
+++	"	2,21	"

für R II und R III von 119 %. Die α -N-Konzentration im Plasma der Gruppen I, II und III erreicht bzw. unterschreitet das gemeinsame Mittel schon nach 3 h. Nach 6 h treffen sich die kurven der Gruppen II-IV auf der einheitlichen Höhe von 7,3 mg/100 ml. Ration I hält den bei den nüchternen Tieren beobachteten höheren α -N-Spiegel auch nach 6 h bei.

3.8.2. Lysin in der Pfortader

Der Verlauf der Resorptionsintensität von Lysin ist in Fig. 15, in absoluten Werten in Tab. 16 und Tab. A 11 dargestellt.

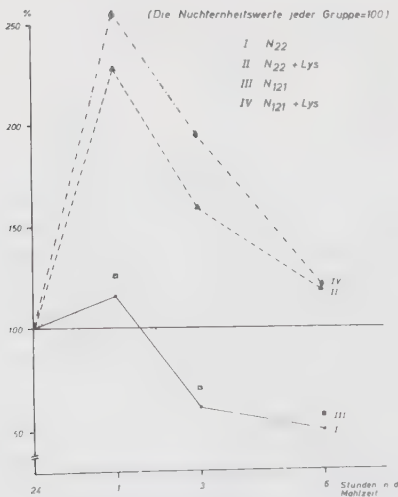


Fig. 15: Die Resorptionsintensität von Lysin im Pfortaderblut

schon nach 3 h unterschritten wird, noch nicht ganz erreicht haben.

Fig. 15 zeigt Kurvenverläufe, die denen von α -N ähnlich sind. Auch für Lysin ergibt sich ein Resorptionsmaximum nach 1h, dem ein Abfall bis hin zu 6 h nach Fütterung folgt. Die Lysin-Konzentration der Ergänzungsgruppen sind nach 1 h mit maximal 228,7 % (II) bzw. 256,1 % (IV) gegenüber 115,9 % (I) bzw. 126,1 % (III) doppelt so hoch wie bei den entsprechenden Basal-Rationen. Dieses Verhältnis wird auch beim Abfall beibehalten, so daß die Ergänzungsgruppen selbst nach 6 h das Niveau der nüchternen Tiere, das von den Basalgruppen

Aus Fig. 15 läßt sich weiterhin entnehmen, daß der prozentuale Anstieg der Konzentration für die Gruppen der Variante N 121 ähnlich wie für α -N über dem der Variante N 22 liegt. Eine andere Einschätzung muß auf Grund der absoluten Lysingehalte (Tab. 16) vorgenommen werden. Ähnlich wie für α -Amino-N liegen die Konzentrationen der nüchternen Tiere der Gruppe I mit 6,47 mg/100 ml weit über dem Mittelwert aller Gruppen von 5,13 mg/100 ml. Die nüchternen Tiere von Gruppe II weisen mit 4,32 mg/100 ml den geringsten Lysingehalt auf. Die Basalgruppe der Varianten N 121 zeigt für alle Zeitpunkte einen niedrigeren Lysingehalt als die der Variante N 22, was sich auch im prozentualen Anstieg über den gemeinsamen NW ausdrückt.

Im Gegensatz dazu verhalten sich die Ergänzungsrationen. N 22 + Lysin bleibt zu den Zeitpunkten 1 und 3 h sowohl im absolut als auch im prozentual ansteigenden Lysingehalt um ca. 25 % unter dem von N 121 + Lysin. Geht man davon aus, daß in der dritten Gruppe dem Lysingehalt der Ration von 0,251 % nach 1 h eine Lysinanflutung von 6,13 mg/100 ml entspricht, so würde bei einem Gehalt von 0,314 % der Ration I eine Konzentration von 7,67 erwartet, die mit dem tatsächlichen Durchschnittswert von 7,50 mg/100 ml nahezu übereinstimmt. Die Ergänzungsrationen mit einem Lysingehalt von 0,83 % ließen, ausgehend von R I eine Blutkonzentration von 198,3 mg/100 ml bzw. ausgehend von R III 202,7 mg/100 ml nach 1 h erwarten. Tatsächlich werden in Ration II aber nur 98,8 mg/100 ml und in Ration IV nur 123,2 mg/100 ml, d.h. 50 % bzw. 61 % des Erwartungswertes gefunden. Auch nach dieser Berechnung bleibt die gemessene Lysinanflutung nach 1 h bei R II um 20 % unter der zu vergleichenden Diät IV.

3.8.3. Die Methionin-Konzentration im Portalblut

Die Ergebnisse der Methionin-Analyse sind in Fig. 16, Tab. 16 bzw. Tab. A 11 wiedergegeben. Aus dem Kurvenverlauf ergibt sich, daß 1 h nach Fütterung nur Gruppe IV einen geringen Anstieg von 12 % über den NW zeigt. Das Methionin-

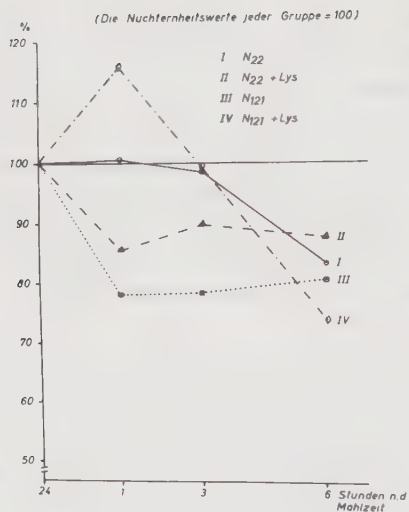


Fig. 16: Die Konzentration von Methionin im Blut der Pfortader

Hieraus ergibt sich eine Übereinstimmung mit den Beobachtungen der α -Amino-N Analyse, bei der sich für die beiden Gruppen (II, III) mit niedrigster Methionin-Konzentration ebenfalls die niedrigsten α -N Konzentrationen nachweisen ließen. Die beobachteten gegenläufigen Tendenzen der Methionin-Konzentrationskurven deuten auf unterschiedliche Bereitstellungs-raten dieser Aminosäure aus den Rationen hin.

Niveau von R I hält sich bis 3 h um die NW-Gerade, während R II und III in allen Zeitintervallen eine Konzentration zwischen 80-90 % der der vergleichbaren nüchternen Tiere aufweisen. Nach 6 h haben sich die Konzentrationen bei allen Gruppen auf um 80 % des NW eingestellt.

Gleiches gilt bei der Einstufung der Methionin-Meßwerte nach ihrer absoluten Konzentration (Tab.16). Die höheren absoluten Gehalte von I und IV fallen mit fortschreitender Zeit nach der Fütterung ab, während sich II und III über die ganze Untersuchungszeit um 90 % der NW-Geraden ein-

IV. Kapitel

4. Diskussion

4.1. Die Wirkung der Düngung auf die chemische Zusammensetzung ----- und die biologische Proteinqualität des Haferkornes -----

Der Proteingehalt des Haferkornes ist eine Variable, deren Größe im wesentlichen von der Sorte, (7, 9, 16, 76, 77, 78) dem Standort (9, 16, 77) und der N-Düngung (6, 7, 9, 15, 16, 79) bestimmt wird. Die maximale Höhe der Schwankungen zwischen Sorten beträgt nach den Angaben von McELROY und Mit. (77) 1,5-3,1 % N/TS (9 Varietäten) und nach PLESKOV und SEDOVA (16) 1,98-2,42 % N/TS (7 Sorten). Maximale düngungsbedingte Variationsbreiten von 1,5-4,2 % N/TS fanden MICHAEL und Mitarb. (15) in Gefäßversuchen. Die von THIER und BRUNE (9) und PLESKOV und SEDOVA (16) ermittelten Standortunterschiede eines Klimabereiches in der Größenordnung von 15 % nehmen sich demgegenüber sehr geringfügig aus. Vergleicht man jedoch die Angaben über die N-Einlagerung, die im Mittel von deutschen Autoren (9, 76) mit 1,8-2,0 % N/TS, von russ. Autoren (16, 17, 79) mit 2,2-2,6 % N/TS angegeben werden, so läßt sich daraus eine Verschiebung nach Klimazonen entnehmen, nach der die Hafer der ariden Zonen einen höheren RP-Gehalt als die der gemäßigten Zonen enthalten.

4.1.1. Veränderung des Proteingehaltes

Der Rohproteingehalt/TS der im vorliegenden Versuch getesteten Hafer-Düngungsvarianten der Sorte "Flämingsskrone" des Standortes Völkenrode liegt mit 9,5 bzw. 11,6 % RP/TS in der gleichen Größenordnung wie die von THIER und BRUNE (9)

bei gleicher Sorte und Standort eines anderen Anbaujahres gefundenen Gehalte von 8,36 % (N= 21 kg/ha) bzw. 11,91 % (N= 121 kg/ha). Gleiches gilt für die Anteile der in der Weender-Analyse ermittelten übrigen Komponenten. Aus den Angaben o.g. Autoren (9) errechnet sich ein relativer Unterschied des RP-Gehaltes zwischen N-gedüngten und nicht N-gedüngten Proben von 43 %. In den vorliegenden Varianten beträgt die Differenz 23 %. Möglicherweise hängt diese Diskrepanz mit einer unterschiedlichen Ausreife des Kornes zusammen, die einen erheblichen Einfluß auf den Korn N-Gehalt auszuüben vermag, wie Ergebnisse von SEDOVA und PLESKOV (26), nach denen der N-Gehalt/TS von der Wachsreife zur Vollreife um ca. 40 % anstieg, zeigten. Gemessen an den Angaben von AL-CHALABI (7), der zwischen einer ungedüngten und einer mit 90 kg N/ha gedüngten Haferprobe, je nach Sorte eine Differenz von 6 % und 19 % und KRISCENKO und KRISCENKO (79) sowie SEDOVA und PLESKOV (26), die zwischen ungedüngter Kontrolle und einer N-Gabe von 60 kg N/ha einen Rohproteinanstieg von ca 9 % fanden, erscheint die Differenz von 23 % des eigenen Versuchs noch relativ hoch.

Ein Teil des düngungsbedingten N-Zuwachses vorliegender Hafervarianten entfiel jedoch auf eine vermehrte Bildung von Nicht-Protein-N (NPN). Der Anteil NPN der Variante N 22 betrug 9,3 %, der der Variante N 121 12,7 % des Gesamtproteins. Diese Vermehrung des NPN-Anteils von 36 % reduziert den Reinproteinzuwachs der Variante N 121 auf 18 %. Etwas höhere NPN-Anteile der Haferproben werden von RICHTER u.Mitarb.(76) mit 15-19 % und KRISCENKO und KRISCENKO (79) mit 16,1-21,4 % angegeben. Von den 7 von PESKOV und SEDOVA (16) geprüften Sorten enthalten 5 einen Anteil NPN zwischen 5 und 14 %.

4.1.2. Veränderungen der Proteinfractionen und des AS-Musters

Ein Vergleich, des im eigenen Versuch gefundenen AS-Musters des Haferproteins, mit den Angaben anderer Autoren wird in Tabelle 17 vorgenommen.

Die Gegenüberstellung ergibt, daß die Gesamt-AS-Analyse im allgemeinen Werte erbringt, die in der von anderen Autoren angegebenen Größenordnung liegt. Die scheinbar abweichenden Ergebnisse aus der russ. Literatur (16) beruhen auf einem anderen Berechnungsschema (Aminosäuren-N in % von Eiweiß-N). Sie werden jedoch mitgeteilt, da Protein zweier N-Düngungsstufen miteinander verglichen werden.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Autoren (9, 15, 16), bei denen mit der erhöhten N-Düngung keine oder nur geringe Veränderungen in der Aminosäurezusammensetzung des Haferproteins beobachtet wurden, bewirkte die extreme N-Gabe zur vorliegenden Hafersorte bezogen auf 100 g Rohprotein einen Abfall im Gehalt von Lysin und Prolin und einen Anstieg von Glutaminsäure und Methionin. Bezogen auf die TS, enthalten also beide Varianten, wie schon in Fig. 1 dargestellt wurde, trotz unterschiedlichem RP-Gehalt, einen in etwa gleich hohen Prozentsatz Lysin und Prolin bei höheren Mengen aller anderen AS.

Die beobachtete Tendenz zur Verschiebung des Prozentsatzes Lysin und Methionin mit steigendem N-Gehalt des Haferkornes wird bei AL-CHALABI (7) angedeutet, nach dessen Darstellung der Lysingehalt nach einer Düngung von 90 kg N/ha leicht abfällt, der Methioningehalt mit 11,5 % schon erheblich ansteigt. Nach den Überlegungen von MICHAEL u. Mitarb. (15) wird der nach o.g. Autoren gleichbleibende Lysingehalt des Haferproteins, im Gegensatz zu dem Eiweiß des Weizens und der Gerste, durch eine einseitige N-düngungsbedingte Vermehrung der lysinreicheren Glutelinfraktion des reifenden Haferkornes verursacht, während bei Weizen und Gerste vornehmlich die Prolaminfraktion vermehrt wird. Daraus wird bei später N-Düngung ein höherer Nährwert im Gegensatz zu Weizen und Gerste erwartet. (15 S.112) "... im Korn werden - in Abhängigkeit von der Höhe des N-Angebotes - die im Mehlkörper lokalisierten Speichereiweiße angereichert. Dabei verhalten sich die Getreidearten nicht gleich; während bei Gerste und Weizen

der zusätzliche N in Form beider Endosperm-Eiweiße als Prolamin und als Glutelin abgelagert wird, speichern Hafer und Reis den Stickstoff ausschließlich in Form des Glutelins." Die Konstitutionseiweiße Albumin und Globulin scheinen sich nach MICHAEL unabhängig von der Düngung zu verhalten (15). Auf Grund der Ergebnisse der Aminosäurenanalyse scheinen bei vorliegendem Testmaterial jedoch mit der N-Düngung Veränderungen einzutreten, die im Widerspruch zu der zitierten Schlußfolgerung stehen.

Da es als unbestritten gelten muß, daß die einzelnen Eiweißfraktionen des Haferproteins ein homogenes AS-Muster aufweisen, wobei die Fraktion des Konstitutionseiweißes Albumin und Globulin die höchsten und von den Speichereiweißen Glutelin etwa doppelt so viel Lysin enthält wie Prolamin (15, 16, 17, 79), kann die gefundene Lysinverringering der vorliegenden extrem gedüngten Hafervariante nur in einer Verschiebung des Anteils einzelner Eiweißfraktionen zu erklären sein. Geht man die einzelnen Fraktionen durch, so finden sich nach MICHAEL u. Mitarb. (15), mit steigendem N-Gehalt unveränderte Anteile Struktureiweiß. Nach den umfangreichen Haferanalysen von PLESKOV und SEDOVA (16) jedoch variiert der Albumingehalt zwischen Sorten unabhängig vom N-Gehalt bis zu 79 %, der Globulingehalt bis zu 54 %. Ausgedrückt in % vom Gesamtprotein, verminderte sich nach SEDOVA und PLESKOV (26) beim Vergleich einer ungedüngten Kontrollgruppe mit einer mit 60 kg N gedüngten Probe der Albumingehalt um 10,5 % (8,4 auf 7,6) und der Globulingehalt um 7,0 % (35,0-32,7). Eine ähnliche Tendenz zur Abnahme des Globulinanteils (35,2 % auf 33,2 %) bei 60 kg Ammoniumdüngung beobachteten auch KRISCENKO und KRISCENKO (79). Da die Konstitutionseiweiße den höheren Anteil Lysin enthalten, wurde durch ihren Rückgang auch der Lysingehalt des Getreideeiweißes verringert.

Demgegenüber weisen die Struktureiweiße einen geringeren Gehalt an Glutaminsäure auf als die Speichereiweiße. Bei einem Rückgang der Struktureiweiße zugunsten der Eiweiße

des Mehlkörpers, müßte demnach eine Vermehrung des Gehaltes an Glutaminsäure eintreten, die zu beobachten war. Das Verhalten der Speichereiweiße in Abhängigkeit von N-Gehalt und N-Düngung wird ebenso unterschiedlich beurteilt. WALDSCHMITZ-LEITZ und ZWIESLER (83) fassen die Eiweißfraktionen des Mehlkörpers im Hafer als Avenin zusammen und nennen sie je nach Peak im Elektropherogramm α , β , γ und δ Avenin. Für jede dieser Fraktion finden sie ein charakteristisches AS-Muster, wobei der Lysingehalt in den α und β -Fraktionen höher liegt als in den γ - und δ -Fraktionen. Bei einer weiteren Auftrennung über TEAE-Zellulose fanden PLESKOV u. Mitarb. (17) im Prolamin 16 und Glutelin 18 einzelne Fraktionen.

Im Vergleich zur ungedüngten Probe zeigt nach SEDOVA und PLESKOV (26) die 60 kg N gedüngte Hafervariante einen gleichzeitigen Anstieg der Prolamin- und Glutelinfraktion. Dabei fällt auf, daß sich in den Stadien der Reifung, im Gegensatz zu dem von MICHAEL beschriebenen Reifungsprozeß, die Prolaminfraktion kontinuierlich von 6,9 % in der Wachsreife, auf 16,5 % in der Vollreife erhöht, während die Glutelinfraktion von anfänglich 29,4 % zu einem Maximum von 60 % in der Wachsreife ansteigt, um in der Vollreife wiederum auf einen Anteil von 39,0 % abzufallen. Dementsprechend verteilt sich der Anteil Lysin, der von 5,8 % in der Milchreife über 5,2 % in der Wachsreife auf 4,5 % in der Vollreife abfällt. Auch KRISCENKO und KRISCENKO (79) fanden mit N-Düngung im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle einen größeren relativen Anstieg der Prolaminfraktion (5 %) als der Glutelinfraktion (2 %). Ebenso wenig kann aus den Analysen von PLESKOV und SEDOVA (16) ein zwingender Zusammenhang zwischen Proteingehalt und Anteilen an Glutelin bzw. Prolamin entnommen werden, wie es aus der Darstellung von MICHAEL (15) zu erwarten wäre. In ihren Untersuchungen steht der Hafervariante mit dem geringsten N-Gehalt von 1,98 %, einem Prolaminanteil von 10,0 % und einem Glutelinanteil von 51,4 %, die Variante mit dem höchsten N-Gehalt von 2,42 % (+22 %), einem Prolaminanteil von 10,1 % und einem Glutelinanteil von 46,1 % (= -11%)

gegenüber. Es ist also durchaus denkbar, daß auch bei vorliegenden Hafervarianten mit extremer N-Düngung die Abnahme des Lysingehaltes im Protein einerseits durch Verringerung des Struktureiweißes, andererseits durch ein relativ stärkeres Anwachsen der lysinarmen Prolaminfraktion gegenüber der lysinreicheren Glutelinfraktion hervorgerufen sein kann.

Die von WALDSCHMITZ-LEITZ (83) aufgetrennten Aveninfraktionen auf die Veränderung des hier vorliegenden AS-Musters anwendend, ergibt sich der in Tab. 18 dargestellte Zusammenhang:

Tab. 18: Die Aminosäurezusammensetzung der Eiweißfraktion "Avenin" beim Hafer

Meßwert	Avenin				Ges.Frak. (7 Sort.) % Verändg.	eig.Versuch % Verändg. bei höherem N-Gehalt	
	α	β	γ	δ		%	abs.
Flämingskrone Anteil %	24,2	13,3	46,0	16,5			
Flämingsgold Anteil %	20,2	17,2	52,2	10,4			
Mittelwert (2 S.) Lys.% v. Ges.-N	2,3	2,0	1,7	1,3	0,7-1,4	-20,2	0,84
Prol. (% v. Ges. N)	6,3	6,0	5,2	5,2	6,8-7,2	-22,3	1,87
Gluts. "	16,8	18,0	19,0	21,4	24,4-25,9	+ 5,2	1,24
Meth. "	0,3	0,3	0,4	1,0	0,7-1,8	+12,9	0,28

Die zwischen den Düngungsvarianten des eigenen Experimentes veränderten ASn finden sich in unterschiedlichen Mengen in den 4 Aveninfraktionen. Eine erhöhte Einlagerung der Fraktionen γ und δ würde demnach eine Veränderung der AS-Zusammensetzung des Haferproteins ergeben, die dem Verhalten der Variante N 121 entspräche: die Anteile Lysin und Prolin würden vermindert, die Anteile Glutaminsäure und Methionin vermehrt. Gekoppelt mit den Beobachtungen der russ. Autoren läßt sich daraus die Veränderung des AS-Musters der vorliegenden Düngungsvarianten verstehen.

Die Einschätzung des "verfügbaren Lysins" nach der Methode von Carpenter für die Proteinträger mit geringem KP-Gehalt erlaubt wegen zu vieler, die Meßwerte beeinflussender Faktoren (14, 84, 85, 86, 87) nur eine sehr bedingte Aussage auf die absoluten Gehaltswerte. Der im vorliegenden Experiment vorgenommene Testvergleich zur Bestimmung des DNP-Lysins ist daher als Relativwert zur Einschätzung des Unterschiedes der beiden Varianten zu verstehen. Die absoluten Ergebnisse sind mit den von RICHTER (76) und BAKANOV u. Mitarb. (82) angegebenen Werten (Tab.17) gut vergleichbar. Im Gegensatz zum Gesamtlysingehalt, aus dem sich eine Differenz von 22 % errechnet, besteht zwischen den beiden Düngungsvarianten nur eine sehr geringe Differenz von 1,4 % im verfügbaren Lysin, die darauf hindeutet, daß das Lysin in beiden Varianten in einer unterschiedlichen Bindung vorliegt.

4.1.3. Veränderung der chemisch-analytischen Bewertung der Proteinqualität

Die aus der AS-Zusammensetzung abgeleitete chemisch-analytische Beurteilung des Proteinwertes der hier geprüften Hafervarianten wurde in Tab. 6 mit den von BRUNE und THIER (5) im Schweineversuch gefundenen entsprechenden Kriterien verglichen. Im Gegensatz zu der Bewertung dieser Autoren wird in vorliegendem Versuch die ungedüngte Variante N 22 infolge ihres höheren Lysingehaltes nach dem EAS-Index und Eck EAS-Index um ca. 3 % besser bewertet, als die extrem gedüngte Variante N 121. Die Abweichungen nach dem Bewertungsmaßstab Chemical Score (CS) ergeben sich ebenfalls aus den schon diskutierten unterschiedlichen Gehalten von Lysin und Methionin, das bei N 22 nach dem CS an die Stelle der ersten lim. AS gerückt wird. Eine ähnliche Beobachtung wird auch von o.g. Autoren (5) geschildert. Die Hafersorte "Petkuserweiß" ergab nach AL-CHALABI (7) einen AS-Index von 72,5 bei einer N-freien Düngung gegenüber 68,8 bei einer 90 kg/N gedüngten Variante. Nach einem anderen Bewertungsschema von

KORPACZY (88), bei dem die BW an Hand des isoelektrischen Punktes der Eiweißfraktionen vorgenommen wird, errechneten KRISCENKO und KRISCENKO (79) zwischen einer ungedüngten Kontrolle und einer mit 60 kg/ha Ammoniak gedüngten Variante einen leichten Anstieg der BW von 44,3 % auf 45,6 %.

4.1.4. Wirkung der N-Düngung auf die biologischen Maßstäbe

Nach den in Tabelle 8 zusammengestellten Kriterien zur Bewertung der Proteinqualität der beiden Hafer-Düngungsvarianten können im vorliegenden Versuch keine signifikanten Differenzen zwischen der schwach-N und stark-N gedüngten Probe entnommen werden. Die absoluten Ergebnisse sind mit den von BRUNE u. Mitarb. (5) am Schwein gefundenen Werten für die BW von 58,8 (N 0) bzw. 61,9 (N 90), die N-Verdaulichkeit von 74,9 % zu 71,9 % und N-Resorbierbarkeit von 86,6 zu 83,5 gut vergleichbar. Sie liegen jedoch höher als die nach (9) gefundenen Ergebnisse der BW von 50,9 (N 22) bzw. 52,5 (N 121) und N-Verdaulichkeit von 65,7 % bzw. 66,3 %.

Im Gegensatz zu den früheren Ergebnissen der Arbeitsgruppe dieses Institutes (7, 9, 10), nach denen bei den geprüften Hafersorten "eine Tendenz zur Qualitätsverbesserung mit steigender N-Düngung bzw. steigendem Kornproteingehalt festzustellen" war, ergab sich in diesem Experiment für die N 121 Variante in den Kriterien täglicher Zunahme und BW eine schwache rückläufige Tendenz, die schon bei der Einschätzung nach den chemischen Kriterien vorgegeben war. Die angedeutete positive Beurteilung zwischen dem RP-Gehalt und den Qualitätskriterien wird jedoch auch nach BRUNE und THIER (9) eingeschränkt, da selbst durch eine extreme Wirkung der N-Düngung auf den Kornproteingehalt keine entsprechend starke Veränderung der biologischen Proteinqualität festgestellt wurde. Die Prüfung verschiedener Standorte ergab weiterhin, daß bei sehr unterschiedlichem Rohproteingehalt z.T. gleich hohe biologische Kriterien, oder bei gleichen RP-Gehalten sehr unterschiedliche Qualitätsdaten zu finden waren, wobei

sich bei einer extremen Düngungsvariante eine negative Beziehung zwischen AP-Gehalt und PER bei Ratten einstellte. Ähnliche widersprechende Beobachtungen beschreiben TANG u. Mitarb.(89), die nach Verfütterung zweier Hafervarianten mit unterschiedlichem Lysin- und AP-Gehalt ein besseres Wachstum der lysinärmeren Variante feststellten, wobei andererseits die RR-, Lysin-, Methionin und Threonin-Verdaulichkeit der schlechter eingeschlitzten Variante geringfügig höher lag. Sie kommentieren diese widersprüchlichen Ergebnisse wie folgt "(89 S.541): this makes it necessary to postulate that the difference either is the result of an unknown amino acid inter-relationship or that some other material in the diet other than protein is causing the effect."

Aus diesen Beobachtungen kann geschlossen werden, daß ein ursächlicher Zusammenhang zwischen düngungsbedingter Proteingehaltssteigerung und Δ beim Hafer nicht in dem Maße vorliegt, wie er bei Weizen und Gerste statistisch zu sichern war (1, 5, 6). Die aufgezeigten geringen Veränderungen scheinen eher auf der unterschiedlichen Einlagerung von Proteinfaktoren mit verändertem AS-Muster zu beruhen.

4.1.5. Vergleich chemisch-analytischer und biologisch ermittelter Qualitätskriterien

Die experimentell weniger aufwendige chemisch-analytische Bewertung der Nahrungseiweiße ist nur dann sinnvoll, wenn durch sie Ergebnisse erzielt werden, die in unmittelbarem Zusammenhang zur Reaktion der Tiere im Test als Bezugsbasis stehen. Angewandt auf die Eiweißfraktion ist dieses Verfahren des Wertevergleichs und der daraus gezogenen Schlußfolgerungen seit der Automatisierung der Säulenchromatographie durch MOORE und STEIN eine Standardmethode, die insbesondere dann zu den unterschiedlichsten Ergebnissen führt, wenn Übertragungen zwischen Tierarten vorgenommen werden. Ein Wertevergleich auf Grund vorliegender Analysendaten ist in Tab. 19 durchgeführt.

Tab. 19: Biologische und chemisch-analytische Qualitäts-
maßstäbe der Hafervarianten

Kriterien	N 22 = 100%	N 121		Diff. %
		abs.	%	
EAS (9 AS) (%)	76,2	73,7	96,6	- 3,4
Eck-AS (4 AS) (%)	61,7	59,6	96,7	- 3,3
GS-Lys. (%)	59,5	47,5	80,0	- 20,0
CS-Meth. (%)	45,0	50,0	110,0	+ 10,0
verfüg. Lys. (%RP)	2,11	2,08	98,6	- 1,4
BW (%)	58,4	57,6	98,5	- 1,5
tägl. Zun. (g)	119,0	111,0	93,3	- 6,7
N-verd. %	71,5	75,4	105,0	+ 5,0
N-resb. %	83,1	85,8	103,0	+ 3,0
N-Harn %	47,0	48,3	102,8	+ 2,8

Aus Tab. 19 läßt sich entnehmen, daß im absoluten Werte-
vergleich nur in den Kriterien BW und Eck-Aminosäurenindex,
in den die 4, das Beccarimuster am stärksten unterschreiten-
den AS, zusammengefaßt sind, eine nahezu gleichhohe Bewertung
vorliegt. Im prozentualen Vergleich wird die Tendenz zur Qua-
litätsverminderung der Variante N 121 durch die Kriterien,
EAS-Index, Eck AS, verfügb. Lysin, BW und tägl. Zunahme an-
gedeutet, aber unterschiedlich hoch eingestuft.

Die Lysinmangelsituation von N 121 findet im Kriterium
tägl. Zunahme eine deutlichere Ausprägung als im Kriterium
BW. Im Gegensatz dazu weist die Variante N 121 eine höhere
N-Verdaulichkeit und Resorbierbarkeit auf, wobei allerdings
die N-Ausscheidung im Harn entsprechend der höheren Resorption
von N ansteigt. Gleichartige Beobachtungen werden von TANG u.
Mitarb. (39) sowie BRUNE und THIER (5) mitgeteilt. Es muß an-
genommen werden, daß die höhere Resorptionsrate im Organis-
mus zu einem Überangebot an einzelnen ASn führt, die jedoch
auf Grund einer Mangelsituation nicht zur Ausnutzung kommen
und im Harn wieder ausgeschieden werden.

Aus dem Wertevergleich kann gefolgert werden, daß im vorliegenden Versuch die auf Grund der AS-Analyse errechneten Bewertungskriterien (EAS u. Eck-Index, Verf.Lys.) und der Tierversuch gleichartige Tendenzen in der Qualitätsdifferenzierung aufzeigen. Eine Einstufung der absoluten Höhe der BW an Hand der Analysendaten jedoch kann nicht erfolgen, da sie zu unterschiedliche Ergebnisse auswerfen. Demnach erlaubt, wie auch von anderen Autoren (1, 5, 7, 89) dargelegt, die chemische Analyse allein keine ausreichend gesicherte Vorhersage der im Tierexperiment zu erwartenden BW.

4.2. Die Wirkung der Lysinergänzung auf den Eiweißwert - - - - - von Maferationen - - - - -

Während über den Ergänzungseffekt von Lysin auf praxisnahe Futterationen beim Schwein eine Reihe Untersuchungen vorliegen - eine Zusammenstellung wird von THIER und BRUNE (11) gegeben - ist aus der Literatur keine Arbeit über die Wirkung von Lysin auf eine Ration mit Mafer als einziger Proteinquelle im Schweineversuch bekannt.

4.2.1. Variantenabhängige Effekte

Wie bereits im Kapitel über die Versuchsergebnisse (Tab. 7 und 8) dargestellt wurde, bewirkte die Lysinergänzung je nach Mafervariante gegenteilige Effekte auf die Kriterien Wachstum und Biolog. Wertigkeit. Bei Ergänzung der Variante N 22 verringern sich beide Kriterien signifikant; bei der Anreicherung der Variante N 121 wird eine geringe, nicht statistisch zu sichernde Verbesserung beider Kriterien beobachtet. Allerdings sind die prozentualen Veränderungen beider Indikatoren so unterschiedlich, daß sich aus einer Regressionsanalyse zwar eine positive Beziehung zwischen tägl. Zunahme und BW errechnen läßt, die aber mit dem Korrelationskoeffizienten $r = 0,47$ zu gering ist, um von einer gesicherten Beziehung sprechen zu können, wie es unter anderen

Versuchsbedingungen errechnet wurde (11).

Die hier angewandte Versuchsmethode zur Ermittlung der BW liegt im Nährstoffangebot unter der für ein normales Wachstum der Versuchstiere erforderlichen Norm, so daß diesem Indikator nur eine beschränkte Aussagekraft zukommt (5). Eine entsprechende Diskrepanz konnte auch von AL-CHALABI an Ratten beobachtet werden, wobei der Maßstab Gewichtszuwachs größere relative Veränderungen zeigt als die BW.

Die gegenteilige Reaktion der Versuchstiere auf die beiden ergänzten Rationen scheint, da die AS-Zusammensetzung (Fig.3) der Rationen sonst keine Unterschiede aufweisen, auf eine Gleichgewichtsverschiebung im Lysin-Methionin-Verhältnis zurückzuführen sein. Wie aus Fig. 3 entnommen werden kann, liegt der Anteil Methionin vom mittleren Bedarfsmuster in Ration II bei 25 % und Ration IV bei 29 %, womit diese AS zusammen mit Lysin in den Minimumbereich gerückt ist. Die Ergänzung der Rationen mit Lysin auf 100 % eines angenommenen Bedarfsmusters verstärkt das Methionindefizit, wobei Ration II relativ stärker betroffen ist.

Vergleicht man zunächst die positive Wirkung der Lysin-zulage auf die Hafervariante N 121 mit Ergebnissen aus Rattenversuchen reiner Haferrationen oder, mangels entsprechender Vergleichsmöglichkeiten, mit Ergänzungsversuchen anderer Getreidearten am Schwein, so wird deutlich, daß die vorgenommene Lysinergänzung sich im Bereich einer Toleranzgrenze bewegt. Die alleinige Lysinergänzung zu einer 70 % Haferration bewirkte in den Ergänzungsversuchen von AL-CHALABI (7) bei 0,5 % Lysinergänzung zur Grundration die größte Verbesserung der LW und Gewichtszunahme um 10 %, die bei höheren Ergänzungen wiederum rückläufig verliefen. Nach Verfütterung aller mit mehr als 1,5 % Lysin-HCl ergänzten Haferration stellten sich Depressionen im PPW bis zu 79 % und im PER bis 85 % der Kontrollgruppe ein. Die Gewichtszunahme fällt dabei weniger schnell ab als die Stoffwechselmerkmale. Ähnliche Beobachtungen machten TANG u.Mitarb.(89) nach Verfütterung von

Maferationen und YANG u. Mitarb.(90) von Mischungen aus Weizenmehl. Letztere fanden bei Ergänzungsversuchen eine Verbesserung der Kriterien Gewichtszunahme, N-Ausscheidung, BW und Körper-N nur bis 0,25 % Lysinzugabe. Bei höheren Dosen sanken die entsprechenden Kriterien wieder ab. Nachteilige Wirkungen einer 0,68 % Lysinulage zu Hafer auf das Wachstum von Ratten beobachtete TORMO (91), der den nachteiligen Effekt auf einen Mangel an S-haltigen AS zurückführte.

Bei gleichzeitiger Ergänzung der Haferration mit Lysin und Methionin verschob sich nach AL-CHALABI (7), TANG u.Mitarb. (89) und TORMO (91) die kritische Konzentration, von der ab eine alleinige Lysinergänzung Depressionen bewirkte, bis zur doppelten Höhe der zugesetzten Dosis. Für Ferkel in praxisnahen Futtermischungen nach Norm fanden TOMME und MAHAEV (92) eine positive Wirkung der Lysinergänzung auf Wachstum und N-Ansatz nur bis zu 0,5 % der Ration, die durch höhere Gaben nicht mehr verbessert werden konnten. Während in Versuchen von BOWLAND (93) die Lysinergänzung (NRC-Norm) zu einer niedrig-Proteinration mit ausgeglichenem Lysin zu S-AS-Verhältnis (0,69 %:0,48%) bis zu einer bestimmten Konzentration Wachstum und N-Ansatz bei Ferkeln verbesserte, führte eine Überdosierung von Lysin und Methionin zu verminderter N-Retention (bis zu 35 %) und N-Verdaulichkeit. Der Autor führt diese Beobachtung auf einen Imbalanz-Effekt zurück und schließt "care should be taken in adding crystalline amino acids to pig diets where possibilities of excess exist until more knowledge is gained on allowable tolerance".

Welche Bedeutung dem Verhältnis Lysin:Methionin in Futterationen für das Schwein zukommt, wird in einer Versuchsreihe zum Test der AS-Ergänzung praxisnaher Futtermischungen von THIER und BRUNE (11) verdeutlicht. Bei einer Reihe Fischmehl, Getreide oder Olsaats-Mischungen brachte eine alleinige Lysinergänzung positive Wirkung auf Wachstum und N-Bilanzen. Bei einer Erdnuß-Sojaschrot-Ration, die ein erhebliches Bedarfsdefizit an Lysin aufwies, verfehlte die Lysinergänzung ihre Wirkung. Die Erklärung für diese Diskrepanz wird in dem vergrößerten Defizit an S-haltigen AS, die 66 % (sonst 79 %) enthalten.

der Bedarfsdeckung betrug, gesehen. Die Autoren leiten davon ab, daß eine Lysinergänzung auf 100 % des Bedarfs nur dann sinnvoll erscheint, wenn ein Bedarfsdefizit der S-haltigen AS von ca. 25 % nicht überschritten wird. Durch eine Methioninzulage zur entsprechenden Ration konnten die Bewertungskriterien positiv beeinflusst werden. In Übereinstimmung mit weiteren Autoren (11, S.226) wird daraus die Schlußfolgerung abgeleitet, "daß für die Ergänzung mit den AS Lysin und Methionin primär ihr Verhältnis zueinander von Bedeutung ist, da durch AS-Gemische das Risiko von Imbalanzen durch zu hohe Dosierungen einzelner AS erheblich eingeschränkt wird." Zu gleichen Ergebnissen kommen auch UHLEMANN und POPPE (94) in Untersuchungen zum Proteinstoffwechsel an Ratten, in denen sie in einer Reihe von Testsubstanzen einen Dualismus von Lysin und S-haltigen AS, die beide gleichzeitig als limitierend anzusprechen sind, feststellten.

Betrachtet man die Ergebnisse des eigenen Experimentes in diesem Zusammenhang, so ergibt sich aus dem in Fig. 3 dargestellten Bedarfsmuster ein Bedarfsdefizit an Methionin, das die von o.g. Autoren (11) angesprochene Grenze von 25 % bei weitem überschreitet. Durch den um ca. 13 % (Tab. 3) höheren Methionin-Gehalt der Variante N 121 verringert sich bei Ration IV das Bedarfsdefizit, so daß die Lysinergänzung gemessen am Kriterium BW zwar keine signifikante Steigerung bewirkt, aber auch noch nicht in den Bereich einer depressiv wirkenden Überdosierung (Imbalanzeffekt) übergeht. Es scheint eine echte Grenzsituation vorzuliegen. Parallel zu den Beobachtungen in Rattenversuchen (7) zeigt in diesem Stadium das Gewichtsverhalten noch einen nachhaltigeren Einfluß der Lysinergänzung (+ 20 %) als die BW (+ 1,5 %).

Die Ergänzung der Variante N 22, die ein weiteres Lysin : Methionin Verhältnis aufweist, führt demgegenüber mit Sicherheit über die Toleranzgrenze hinweg zu einer Lysinüberdosierung mit imbalanzartigen Erscheinungsformen, wie Verzögerung der Gewichtsentwicklung, verstärkte N-Ausscheidung im Harn und verminderter BW. Auf die entsprechenden Beobachtungen von AL-CHALABI (7) und BOWLAND (93) wurde schon

hingewiesen. Nach dem NRC (70 S.20) wird dieser Zustand wie folgt zusammengefaßt: "there is a definite limit of tolerance for most amino acids, and this limit depends upon the level of protein in the diet".

4.2.2. Wirkungsmechanismen nach Lysin-Ergänzung im Organismus

Es stellt sich nun die Frage, welche Wirkungsmechanismen durch die Ergänzung mit Lysin bei den Versuchstieren ausgelöst wurden und zu den festgestellten negativen Effekten führten.

Die auftretenden Durchfallerscheinungen bei einigen Tieren der zweiten Gruppe legten die Vermutung nahe, daß sie trotz vorgenommener Abpufferung, infolge einer HCl induzierten Verschiebung des Säuren-Basen-Gleichgewichtes im Magen bzw. Dünndarm entstanden sein könnten. Auf Grund entsprechender Beobachtungen wurden von einigen Autoren die Effekte der Verfütterung von L-Lysin HCl ohne und mit Zulagen von Na_2CO_3 (7) oder nach NaHCO_3 (95) zur Abpufferung des HCl in Rattenversuchen, bzw. L-Lysin HCl oder Lysin als freie Base (Nutritional Biochemical Corporation, USA), in Kükenversuchen (96) miteinander verglichen. Alle zitierten Autoren konnten jedoch keine Unterschiede zwischen L - Lysin HCl mit und ohne Pufferung oder Reinlysin auf die auftretenden Depressionen der Kriterien Wachstum, PER und PPW oder dem Elektrolytverhalten in den Geweben von Küken (96) feststellen. Auch im vorliegenden Versuch dürfte daher keine primäre Wirkung des HCl-Anteiles auf die beobachteten Depressionen angenommen werden.

Untersucht man die einzelnen Daten aus dem Stoffwechselversuch im Hinblick auf Abweichungen der von der Lysinergänzung betroffenen Gruppen, so findet sich für die Gruppe II des 1. Versuches im Vergleich zur Basalration eine um 15 % erhöhte N-Ausscheidung im Urin bei gleichbleibendem Prozentsatz verdaulichem und resorbiertem N. Im Versuch 2 zeigt die supplementierte Ration eine um 5 % erhöhte N-Verdaulichkeit

und N-Resorbierbarkeit bei gleichzeitigem Anstieg der N-Ausscheidung im Harn um 12 %. Die Mehrausscheidung von N im Harn (7 g) entspricht in etwa der Menge N, die aus dem supplementierten Lysin während der Versuchsperiode aufgenommen wurde (7,4 g). Aus der Gesamtllysinausscheidung im Kot, die in Tab. 15 wiedergegeben ist, ergeben sich mit 3 % keine bedeutenden Unterschiede zwischen Basalration und ergänzter Ration, die auf eine gestörte Lysinverdauung und Lysinresorption schließen ließen. Aus der Bilanzierung ließ sich feststellen, daß das zugesetzte synthetische Lysin in der Größenordnung von 95 % resorbiert wurde, wie auch von anderen Autoren (21, 14) angegeben wird. Zusammengenommen deuten diese Einzelbeobachtungen auf Störungen im Intermediärstoffwechsel hin, bei denen das supplementierte Lysin die Rolle des auslösenden Faktors spielt. Es wird nun zu versuchen sein, die Art des ausgelösten Effektes näher zu beschreiben.

Die Einordnung, der im vorliegenden Versuch beobachteten Zusammenhänge in eine der von HARPER (97) und HARPER und ROGERS (98) definierten Kategorien "Aminosäuren Imbalanz", "Aminosäuren-Antagonismus" oder "Aminosäuren Toxizität"⁺) kann nicht mit Sicherheit vorgenommen werden, da noch keine substantiellen Merkmale, die sich etwa in drei speziellen Stoffwechsel-Mechanismen manifestieren, zur Unterscheidung dieser mehr oder weniger experimentell festgelegten Terminologie bekannt sind (70, 99, 100). Nach LEWIS (99) drückt sich die

⁺) AS-Imbalanz: Effekt der zugesetzten, überdosierten AS kann durch Zugabe einer weiteren, limitierenden AS zur Ration - korrigierte Ration - wieder ausgeglichen werden.

AS-Antagonismus: Der beobachtete Effekt kann durch Zugabe einer strukturell verwandten AS, die nicht limitierend sein muß, ausgeglichen werden (Lys-Arg.)

AS-Toxizität: Die Depression oder klinische Erscheinung kann durch Supplementierung mit einer einzigen AS zwar vermindert, nicht aber völlig ausgeglichen werden.

durch eine Aminosäuren Überdosierung entstandene Situation als e i n e Erscheinungsform aus, die sich allerdings durch wiederholte Experimente in eine der oben genannten Kategorien einordnen ließe. Eine Prüfung der im eigenen Experiment gefundenen Depressionerscheinungen zur Einordnung in eine dieser Kategorien wäre jedoch nur von theoretischem Interesse.

An Hand der vorliegenden Daten kann jedoch eine Eingrenzung vorgenommen werden. Ein "Antagonismus" dürfte nicht vorliegen, da die Möglichkeit eines Lysin - Arginin Gegenspieles (99) aus dem Vergleich mit der supplementierten Variante N 121 mit gleichem Arginingehalt ausgeschlossen werden kann. Ebenso unwahrscheinlich ist das Vorliegen einer durch Lysin-überdosierung hervorgerufenen Toxizität, da es in den fraglichen Gruppen weder zu Gewichtsverlust, noch längerdauernden klinischen Erscheinungen kam. Auch könnte nicht verstanden werden, warum es bei Gruppe IV mit einer noch höheren Menge ergänztem synthetischen Lysin nicht zu ähnlichen Wachstumsverzögerungen gekommen ist. Weiterhin scheint die zugeführte Dosis Lysin zu gering, um schon toxische Effekte auslösen zu können, zumal sie in dieser Hinsicht im Vergleich mit anderen Aminosäuren (Methionin, Cystin, Tryptophan, Histidin) als relativ stoffwechselträge gilt (99, 101, 102).

Entsprechend der Abgrenzung erscheint es angebracht, die in vorliegendem Versuch aufgetretenen Depressionen in die Imbalanz Kategorie, als dem am wahrscheinlichsten zutreffenden Wirkungszusammenhang, einzuordnen. Obwohl die Sicherheit dieser Theorie im eigenen Versuch mit Schweinen nicht durch korrigierte Rationen - Methioninzulage - nachgeprüft wurde, dürften die schon angeführten Hafer - Ergänzungsversuche an Ratten, (7, 89, 91) die Annahme dieser Theorie auch für das Schwein unterstützen.

Auf Grund der Analysenergebnisse des eigenen Experimentes können die Stoffwechselvorgänge, die zu den imbalanzartigen Erscheinungsformen führten, in folgende Phasen zerlegt werden.

1. Durch die Grundzusammensetzung der Futterrationen werden zwei einen Imbalanz-Effekt begünstigende Faktoren vorgegeben: ein niedriger Proteingehalt mit mehreren Aminosäuren unter den Bedarfsnormen für Schweine (Tab.3, Fig. 3) - "The growth depression due to an excess of an individual amino acid is greater when the diet is low in protein, indicating that the organism can tolerate an excess of one better when it has an adequate supply of all the others" (70 S.21) - und zwei gleichermaßen lim. AS Lysin und Methionin (97, 98), Tab. 6). Durch die Lysinergänzung wird nur eine der beiden lim. AS auf das Dreifache der Ausgangskonzentrationen angehoben - "the result of amino acid imbalance studies indicate that even a small increase in the concentration of certain amino acids can sometimes increase the amount of others needed to maintain a given rate of growth when the total protein intake is low" (70 S.19).

2. Die Ergebnisse des Tierversuches zeigen, daß im Vergleich zur Basalration die mit Lysin ergänzten Futtermischungen keine negativen Effekte auf die N-Verdaulichkeit, N-Resorbierbarkeit und Lysinausscheidung im Kot, wohl aber Wachstumsdepressionen, Verminderung der N-Retention und parallel dazu eine Steigerung der N-Ausscheidung im Harn aufweisen. Diese Ergebnisse stimmen überein mit Beobachtungen von YOSHIDA und LEUNG (zit.n. 98), die in Isotopenversuchen ein ungestörtes Resorptionsverhalten der ¹⁵N/imbala¹⁵nzierten Rationen nachwiesen und BRUNE und THIER, die feststellten, "daß der biologische Eiweißwert durchaus in gegenläufiger Tendenz zur Resorbierbarkeit stehen kann" (5 S.142).

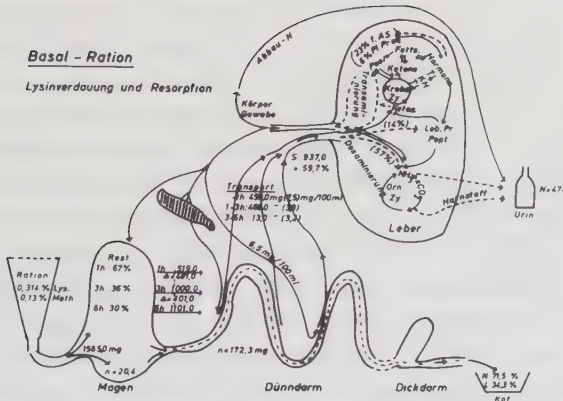
Nach der Darlegung von HARPER und ROGERS (98) ist allerdings die N-Bilanz-Technik nicht geeignet, Imbalanz-Effekte zu charakterisieren, da in ihren Untersuchungen Depressionen in der N-Retention nicht zwangsläufig eine primäre Folge der Imbalanz sind, sondern sekundär die Reaktion auf verminderte Futteraufnahme darstellen. Die Imbalanz Theorie schließt demnach zwar eine eingeschränkte Ausnutzung der ergänzten

AS, nicht aber einen Rückgang der Gesamt-N-Ausnutzung im Organismus ein. Dieser scheinbare Widerspruch zu den eigenen Versuchsergebnissen mag hauptsächlich in der angewandten Fütterungstechnik begründet liegen. Die Gruppe um HARPER (103) ging von ad libitum Fütterung aus, bei der die Aminosäure-imbilanz umgehend zu einem Rückgang der Futteraufnahme bis zu 50 % führte, wodurch die Wachstumsdepressionen ausgelöst wurden. In den eigenen Versuchen mit restriktiver Fütterung war das Futterangebot jedoch so niedrig, daß es nur einen Teil der Aufnahmekapazität der Tiere deckte und während der ganzen Periode von allen Tieren vollständig verzehrt wurde. Die hier aufgetretenen Wachstumsdepressionen können daher auf die verminderte biologische Wertigkeit der Ration, die durch eine höhere N-Ausscheidung im Harn charakterisiert ist, zurückgeführt werden. Eine ähnliche Beobachtung wurde auch von THIER und BRUNE (13) gemacht, die bei Verfütterung einer reinen Gerstenration an Schweine, gekoppelt mit stark erhöhter Harn-N-Ausscheidung, einen Rückgang des Wachstums und der N-Bilanz feststellten.

3. Wie aus den Ergebnissen der Verdauungsgeschwindigkeit der TS und N (Fig. 5 a-d) entnommen werden kann, bestehen zwischen den beiden Vergleichsgruppen I und II keine graduellen Unterschiede im Verdauungsprozeß der Gesamtration. Auch KUMTA und HARPER (104) fanden keinen Einfluß der Imbilanz auf die Geschwindigkeit der Magenentleerung einer Gesamtration. Der Ablauf des Resorptionsverhaltens von Lysin der Basal- und Ergänzungsrations in Abb. 4 a,g dargestellt ist, zeigt, daß die supplementierte Aminosäure wesentlich schneller vom Magen in den Darm weiterbefördert und in die Pfortader aufgenommen wird als das Lysin aus dem Proteinverband. 1 h nach Futteraufnahme ist aus der angereicherten Ration die 4,3fache Menge Lysin zur Leber transportiert worden wie aus der Grundration. Nach 6 h sind bei der Ergänzungsrations 81 %, bei der Basalration erst 60 % des aufgenommenen Lysins resorbiert. Es kommt zur "Anflutung einer Überdosis" von Lysin, die nach LEWIS (100) als die 1. Phase der Imbilanz zu betrachten ist.

Basal - Ration

Lysinverdauung und Resorption



Supplementierte Ration

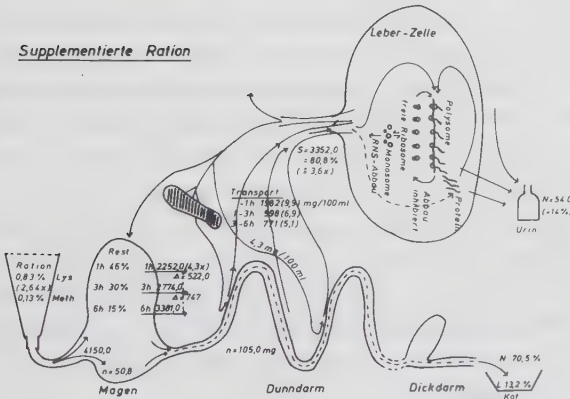


Abb. 4 a, b: Das Resorptionsverhalten von Lysin und die Umsetzungsvorgänge in der Leber nach Aufnahme einer Basal-Mangel-Ration und einer mit Lysin supplementierten Hafer ration (N 22).

Die Bereitstellung von Methionin, das nun die Rolle der ersten lim. AS übernommen hat, ist gegenüber der Basalgruppe, wie aus der Konzentration im Portalblut zu entnehmen ist, um etwa 10 % erniedrigt. Der Überdosis einer AS steht ein verstärktes Bedarfsdefizit einer anderen AS gegenüber (2. Phase). Die in der Vergleichsgruppe limitierende, durch die Zugabe in einer Überdosis vorhandenen AS, erzeugt nun einen Masseneffekt (3. Phase), über dessen Wirkungsweise allerdings unterschiedliche Vorstellungen bestehen (98, 99, 104).

Zum Verständnis der Zusammenhänge sind in Abb. 4 a,b die Umsetzungsvorgänge angefluteter ASn in der Leber skizziert, wobei insbesondere neuere Untersuchungen von MUNRO(105) und ELWYN (106) hilfreiche Hinweise zum Verständnis der Imbalanzerscheinungen geben. Danach dürfte die Umsetzung der ASn in der Leber grundsätzlich in 3 Richtungen verlaufen: Stimulation der Proteinsynthese, Synthese unterschiedlicher Komponenten niedrigen Molekulargewichtes (Krebs-Zyklus) und Desaminierung im Aminosäuren Katabolismus (Krebs-Henseleit-Zyklus). ELWYN (106) fand nach Verfütterung einer Fleischration an Hunde eine prozentuale Verteilung angefluteten Amino-N auf 57 % zu Harnstoff, 6 % zu Plasma Protein, 23 % zu freien ASn in den Körperkreislauf (Pool) und 14 % zur Proteinsynthese in der Leber. Wenn diese prozentuale Verteilung in gleicher Höhe auch nicht für alle Eiweißarten gelten wird, scheinen doch die verschiedenen Umsetzungsvorgänge bei der Aufnahme einer ausgeglichenen Ration in einem Gleichgewicht abzulaufen.

Bei Überdosierung oder Mangel an ASn wird das Gleichgewichtsverhalten nach einer Richtung hin verschoben. Die Leber ist in der Lage, solche Verschiebungen durch sofort ausgelöste Adaptionsvorgänge auszugleichen. Ein Überangebot an einer AS vermag sie bis zu bestimmten Grenzen abzufangen und den Körperblutkreislauf vor übermäßig veränderter Konzentration freier ASn zu schützen. Diese Adaptionsvorgänge spielen in den Imbalanztheorien eine entscheidende Rolle.

Sie sind in Abb. 4 a (Leber) mit gestrichelten Linien dargestellt:

a) Nach der Theorie von LEWIS (99) verursacht ein Übergang einer AS eine verstärkte Ausschüttung von Enzymen des Typs der L-Aminosäuren-Oxydase. Sie verursacht einen beschleunigten oxydativen Katabolismus der überdosierten und ihr strukturverwandter AS, die einen ähnlichen Abbau-Mechanismus aufweisen. (4. Phase) (" It can at least be suggested that a mechanism which might account for some of the phenomenons associated with lack of adequate dietary a.a. balance, is an increase in oxidative katabolism in response to excess a.a. which emphasizes the inadequacy of the lim. a.a.", 99, S.201). Danach ist es denkbar, daß selbst ASn, die schon dem Stoffwechsel-Pool zugeleitet wurden, aus den Flüssigkeitsräumen des Organismus abgezogen und verstärkt abgebaut werden. (5. Phase.) Diese Theorie wird durch Beobachtungen von MUNRO (100) unterstützt, der bei Zufütterung von einzelnen ASn eine erhöhte Ausschüttung von Abbauenzymen in der Leber feststellte (z.B. Tryptophan-Pyrolase, Serin bzw. Threonin-Dehydratase).

Die Desaminierung von ASn unter Bildung von Harnstoff im Krebs-Henseleit-Zyklus ist ein stark energieverzehrender Vorgang, da zur Bildung von 1 Molekül Harnstoff etwa 3 Mol ATP verbraucht werden (107). Die beobachtete erhöhte Harn-N-Ausscheidung im eigenen Experiment kann im Zusammenhang mit diesen geschilderten Umsetzungsvorgängen gesehen werden (6. Phase.) Sie versteht sich demnach nicht nur aus dem Abbau des überschüssigen Lysins - wie es die Bilanzierung vermuten ließe - sondern aus einem Masseneffekt, der eine effiziente Proteinsynthese unterbindet. Gleichfalls könnte die niedrige Konzentration von Lysin (-35 %) und α -Amino-N (- 20 %) im Pfortaderblut der nüchternen Tiere auf den höheren Katabolismus, durch den N-Verbindungen aus dem Organismus abgezogen werden, zurückgeführt werden.

b) Im Gegensatz zu dieser Theorie, deren Grundlage ein verstärkter Katabolismus in der Leber ist, beruht die Theorie von HARPER und ROGERS (98) auf einer Verschiebung in der Intensität der Synthese von Leberprotein nach Verfütterung einer AS-Mangel- bzw. überdosierten Ration, wodurch ebenfalls die Zuleitung von ASn zum "Pool" vermindert wird. Der Ablauf der Synthese von Leberprotein oder makromolekularen N-Verbindungen, der von MUNRO (105) eingehend studiert wurde, ist in Abb. 4 b schematisch dargestellt. Bei der Aufnahme ausgeglichener Rationen wird die Proteinsynthese in der Leber einerseits über den Aufbau von Polysomen stimuliert, andererseits der Katabolismus durch Stabilisation der Substrate verringert (Inhibition of breakdown). Weiterhin kann nach MUNRO (100) durch große Mengen einzelner Aminosäuren die Ausschüttung von ACTH stimuliert und die Corticosteronsekretion erhöht werden. Die dadurch ausgelöste Verstärkung der RNS-Synthese und Glycogenspeicherung in der Leber stellen eine mögliche Verbindung zwischen einseitig verändertem AS-Stoffwechsel und davon beeinflusstem Kohlenhydratstoffwechsel als einem Teil des ausgelösten Masseneffektes dar. Werden jedoch AS-Mangelmedien in Leber-Zell-Suspensionen gegeben, so wird die Formation von Polysomen stark reduziert, die Protein-Synthese verlangsamt und der Katabolismus infolge des Nicht-Stabilisierens der Substrate beschleunigt.

Übertragen auf die Imbalanz-Theorie nach HARPER, verursacht beim Vorliegen eines solchen Zustandes die Zugabe einer vorher mangelnden AS nach diesem Prinzip eine verstärkte Synthese von Leberprotein, wobei die 2. Lim. AS voll ausgenutzt und bereits in das Leberprotein eingebaut wird (4. Phase). Hierdurch wird die Weitergabe dieser lim. AS in die Körpergewebe reduziert und dort die Protein-Synthese gehemmt (5. Phase). Die einzelnen Geweberäume reagieren dabei unterschiedlich empfindlich, so daß die lim. AS aus kritischen Körpergeweben abgezogen wird und eine Umverteilung des gesamten Aminosäurenhaushaltes des Organismus entsteht (98) (6. Phase). ("Not all tissues are likely to be susceptible

to such fluctuations" 105, S.222). Die Protein-Synthese in den Muskelgeweben scheint am wenigsten schnell von der mangelsituation betroffen zu werden (98, 105) und dem Blut die höchst mögliche Menge an freien ASn zu entziehen. ("This may explain why muscle does not appear to lose significant amounts of protein for the first few days of protein deficiency", 105, S.222). Die Konzentration freier AS im Blutplasma sinkt, und die Homeostasiekapazität des Organismus zum wiederherstellen der normalen Konzentrations-Verhältnisse im Plasma und den Interzellularräumen wird überschritten; die Protein-Synthese verlangsamt (7.Phase).

Die Übertragung dieser experimentell abgeleiteten Vorstellungen auf die Ergebnisse des vorliegenden Versuches können ebenso als Erklärung für das Abfallen der Gehalte von α -Amino-N und Lysin im Pfortaderblut der nüchternen Tiere herangezogen werden, wie die beschriebene Erklärung nach LEWIS.

Da die aus der Imbalanz hervorgerufene Unterversorgung mit ASn nach Untersuchungen von HOPPER und Mitarb.(106) den Ablauf der Zellteilung und das Zellwachstum des intestinalen Drüsengewebes vermindert, ist zu folgern, daß auch die Bereitstellung von Verdauungsenzymen gehemmt wird. Dadurch könnten die in der betroffenen Gruppe auftretenden Verdauungsstörungen begünstigt und die Tätigkeit konkurrierender Bakterien im Dünndarm gefördert werden. Die Annahme einer gestörten Enzymausschüttung bei Gruppe II läßt sich auch auf Grund der Ergebnisse aus der Intestinal-Analyse bestätigen. Vergleicht man den Gesamt-N und Lysingehalt in den intestinal-Inhalten der nüchternen Tiere, (Rationen der Variante N 22) so ergibt sich für die supplementierte Ration ein Rückgang des Gesamt-N (Tab. 10) und der Lysin-Konzentration (Tab.A 8 a,b) im Dünndarm von 32 %. Diese Beobachtung läßt auf eine verringerte Ausschüttung endogenen Stickstoffs, dessen hauptquellen Enzymproteine sind, schließen. Die empfindliche Reaktion der Pankreasenzyme Lipase, Amylase und Protease (Verminderung der Aktivität) auf AS-unausgeglichene Rationen

oder Umstellung in der Fütterungsmethodik konnte auch von LYMAN und WILCOX (109) und POSE u. Mitarb.(110) an Ratten nachgewiesen werden.

Auf die unterschiedliche Reaktion der Einzeltiere gegenüber der Lysinergänzung, die sich in der hohen Streuung und den Variationskoeffizienten der Kriterien Wachstum, N-Ausscheidung im Harn und BW innerhalb aller Ergänzungsgruppen (Tab. 7 A 2 a-c) ausdrückt, wurde bei der Darstellung der Ergebnisse schon hingewiesen. Sie zeigt, daß Einzeltiere hochempfindlich auf die Lysindosierung ansprechen und offensichtlich längere Zeit zur Umstellung auf die ausgelösten Stoffwechselvorgänge benötigen, als es die angewandte Versuchsmethodik erlaubt.

Wegen des Zusammenspiels mehrerer lim. AS (Lys., Meth., Thre.), durch die sehr schnell eine Grenzsituation eintritt, sollte bei der Verbesserung des biolog. Eiweißwertes von Hafer dem Verhältnis dieser Aminosäuren, ähnlich wie in Rattenversuchen gefunden (7), auch in der Versorgung von Omnivoren primäre Bedeutung zugemessen werden. Im vorliegenden Experiment konnte nur eine Einschätzung des Grenzbereiches vorgenommen werden. Die Festsetzung der exakten erforderlichen Relationen der AS zueinander wird nur nach weiteren, speziell darauf ausgerichteten Stoffwechseluntersuchungen am Schwein erreicht werden können.

4.3. Die Abhängigkeit des Verdauungsvorganges von der ----- Zusammensetzung der Futterrationen beim Schwein -----

Schon der griechisch-römische Arzt und Physiologe CLAUDIUS GALENUS (131-200 n.Chr.) (111) studierte den Ablauf der Verdauung im Intestinal-Trakt vom Schwein. Er verabreichte Schweinen Weizenbreirationen und beobachtete durch Öffnen und Ausspülen des Gastrointestinaltraktes in Zeitintervallen nach der Fütterung die Veränderungen in der Konsistenz des Speisebreies im zeitlichen Ablauf der Verdauung. Damit

erkannte er erstmals unterschiedliche Funktionen von Magen und Dünndarm für die Verdauungsvorgänge. In den darauf folgenden Jahrhunderten erfolgte kein wesentlicher Beitrag zum Studium der Verdauungsvorgänge. Erst um die Jahrhundertwende (1900) begannen die Arbeitsgruppen um PAWLOW und S.E.LONDON in Zusammenarbeit mit ABDERHALDEN, ausgestattet mit neuen chirurgischen Techniken (Poly-Fistelmethoden) und Nährstoff- bzw. Bausteinanalysen (Aminosäuren), den Ablauf der Verdauung am Hund als Versuchstier systematisch zu erfassen. Daraus entstanden von 1906-1913 in der Zusammenarbeit von LONDON und Mitarbeitern in Petersburg und ABDERHALDEN und Mitarbeitern in Halle in etwa 100 Veröffentlichungen mit dem Thema "Zum Chemismus der Verdauung und Resorption im Tierischen Körper" die wohl umfangreichsten zusammenhängenden Studien zur Proteinverdauung am fistulierten Hund. (Die meisten Veröffentlichungen in Z.Physiol. Chem.1907-1913). Die Haupteergebnisse dieser Arbeiten können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Es bestehen Unterschiede in der Verdauungsgeschwindigkeit von Proteinen, wobei Leimeiweiße am langsamsten, Casein schneller und Fleischproteine am schnellsten verdaut werden.
2. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Lösungsgeschwindigkeit von Protein im Magen und der Umsetzungsrate der Eiweiße im Dünndarm.
3. Eiweiße werden im Magen bereits zu Peptonen, nicht jedoch zu Aminosäuren abgebaut.
4. Im Magen findet keine Resorption von Aminosäuren statt.
5. Es bestehen unterschiedliche Durchgangszeiten für einzelne Futtergruppen im Magen: Stärke verläßt den Magen schneller als Eiweiße, diese schneller als Fette.
6. Die Geschwindigkeit der Magenpassage variiert mit der aufgenommenen Futtermenge und reguliert die Verdauungsgeschwindigkeit.
7. Die Intensität der Enzymsekretion in den Chymus des Dünndarms kann durch die Art der Nahrung beeinflusst werden.

Diese Ergebnisse am Hund stehen in engem Zusammenhang zu Beobachtungen im eigenen Experiment.

In der Folgezeit wandte sich die Physiologie mehr den Fragen der Enzymatik mit in vitro Verdauungssystemen und dem

Intermediärstoffwechsel zu, wobei die Probleme des Nahrungsabbaues unter normalen physiologischen Bedingungen in den Hintergrund traten. Erst die Entwicklung neuer Produktionsverfahren für die Nahrungsmittel (Bearbeitung, Synthesen) und die damit auftretenden Störungen im Stoffwechsel, (Imbalanz-Wirkungen) sowie FISHER'S (112) Berichte über die Absorption von Peptiden, richteten die Aufmerksamkeit wiederum auf die Rolle der Verdauung für den Gesamtstoffwechsel am intakten Tier. Die Untersuchungen zu diesem Thema wurden um 1955 vorzüglich von den Arbeitsgruppen um KASSET (19), GEIGER (18), GUGGENHEIM (32, 33) und HARPER und ROGERS (20) an Ratten und Munden wieder aufgenommen, woraus eine größere Zahl Veröffentlichungen resultiert. Auf einzelne Ergebnisse dieser Untersuchungen wird im Verlauf der Diskussion noch eingegangen. Speziell mit Veränderungen der Eiweißqualität durch Verarbeitungsmaßnahmen oder der Zufütterung synthetischer Aminosäuren und deren Einfluß auf den Ablauf der Eiweißverdauung bei der Ratte, befaßten sich in jüngster Zeit Arbeitsgruppen um PORTER und LORD (21, 34, 35, 62, 63) und KÖHLER und GEBHARDT (113).

Im Gegensatz zu Untersuchungen an Ratten und Munden finden sich in der Literatur nur wenige Arbeiten zum Studium des intestinalen Ablaufes der Eiweißverdauung am Schwein. Zur Gewinnung des Verdauungsbreies am wachsenden Schwein (50 kg) verwenden die Versuchsansteller ausschließlich Dünndarmfisteln (30, 74, 75); am Saugferkel Spülungen des herauspräparierten Magen-Darm-Traktes (28, 114, 115). Mit Ausnahme der Versuche an Saugferkeln zur Verwertung von Milchersatz-Protein (114, 115) wird nur von GOLUBEV (75) speziell auf einzelne Fraktionen der Eiweißkomponenten und Aminosäurenresorption im Duodenalchymus vom Schwein eingegangen. CUNNINGHAM u. Mitarb. (74) ermittelten mittels Fisteln am distalen Dünndarmende vorzüglich die Passagegeschwindigkeit verschiedener Diäten an Hand der wiedergefundenen Gesamt-TS.

Gleichzeitige Untersuchungen von Speisebrei und Pfortaderblut im Hinblick auf ablaufende Eiweiß-Verdauungs- und Resorptionsprozesse am Schwein, sind aus der neueren Literatur nicht zu entnehmen. Es kann daher nur auf Vergleiche der eigenen Analysendaten mit Experimenten an anderen Tierarten eingegangen werden.

4.3.1. Gesamtverlauf der Verdauung

Übereinstimmend mit den Untersuchungsergebnissen der Arbeitsgruppe um LONDON (zit.n.116) und CUNNINGHAM u.Mitarb. (74) lassen sich aus Fig. 5 a-d unterschiedliche Verdauungsgeschwindigkeiten einzelner Futterkomponenten im vorliegenden Versuch ableiten. Da die Kurve für den TS-Abbau flacher verläuft als die der N-Verdauung, muß der Proteinanteil der Ration schneller umgesetzt und aus dem Magen-Dünndarmtrakt verschwunden sein als Teile der übrigen Komponenten der Ration. Daß die so unterschiedlich ausgewiesene Verdauungsgeschwindigkeit der TS in erster Linie auf den Anteil unverdaulichen Speisematerials, das nur langsam vom Magen weiterbefördert wird, zurückzuführen sein dürfte, ergibt sich aus dem Vergleich des TS-Abbaues bei den Hafervarianten. Das Abbauverhältnis von N:TS liegt bei den Rationen der Variante N 121 enger beieinander, d.h., es verläuft gleichmäßiger als bei den Gruppen von N 22. Nun enthalten die N 121-Rationen 24 %, die N 22-Rationen 8 % reine Stärkemischung (Tab.4), welche nach übereinstimmenden Ergebnissen anderer Autoren (74, 116, 117) schneller den Magen-Darmtrakt durchläuft als natives Protein. Andererseits enthalten die auf N 121 basierenden Futtermischungen weniger Hafer und Spelzenanteile als die von N 22 bei gleichbleibender Menge Gesamt-TS, so daß für die nach 6 h beobachtete Verzögerung im TS-Abbau der Variante N 22 bei annähernd gleichbleibendem Protein-Umsatz im wesentlichen der gruppenunterschiedliche Spelzenanteil verantwortlich ist.

Der beobachtete zeitliche Gesamtverlauf der Verdauungsrate mit einem Prozentsatz von ca. 55-60 % bis 6 h, stimmt

mit den von CUNNINGHAM u. Mitarb. (74), die den Durchfluß von 600 g einer 78 % Gerstenration bis zum Dünndarmende nach 6 h mit 58-65 % einschätzen, gut überein. Die Überschneidung der TS- und N-Kurven längere Zeit nach der Futteraufnahme gibt an, daß beim leeren Intestinaltrakt das nahrungsgegebene TS:N-Verhältnis, das nach 1 h im Mittel 75:1 beträgt, weit auf die Seite von N (im Mittel 30:1) verschoben ist. Daraus kann angenommen werden, daß der Rest-N hauptsächlich der endogenen Sekretion entstammt, die einen höheren N-Gehalt/TS als die Futterationen enthält.

4.3.2. Die Verdauung im Magen

Die einzelnen Stadien im Ablauf der Verdauung ergeben sich aus der Menge und Art des im Magen und den Dünndarmabschnitten zu den vorgegebenen Zeitpunkten gefundenen Speisebreies. Die Entleerungsgeschwindigkeit der Trockensubstanz aus dem Magen, die in Fig. 17 dargestellt ist, ergibt eine nach der Abszisse hin abfallende Kurve mit dem Wendepunkt nach 3 h. Damit entspricht sie dem von anderen Autoren bei Ratten gefundenen Verlauf (63, 118, 119, 120).

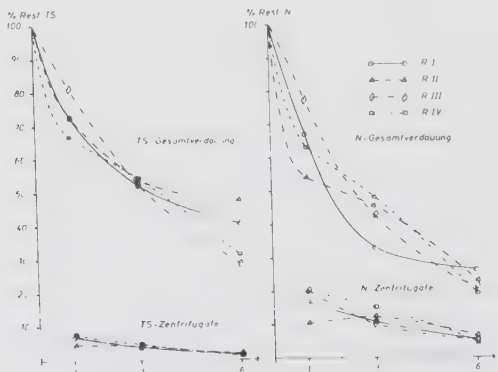


Fig. 17: Die Verdauungsgeschwindigkeit von TS und N im Magen.

Bis zur 3. h verläuft die TS-Verdauung aller 4 Rationen etwa gleichschnell, um sich bis zur 6. h variantenspezifisch aufzuteilen. Die Rest-TS bei Variante N 22 liegt etwa 15 % über der von N 121. Bei gleichbleibender Kurvencharakteristik bewirkt die Supplementierung eine geringe Verminderung der Passagegeschwindigkeit.

Der bei der Gesamtbetrachtung der Verdauungsrate schon festgestellte Vorsprung der Eiweißverdauung gegenüber dem TS-Abbau wird, wie Fig. 17 zeigt, schon im Magen verursacht: Zu allen Zeitpunkten ist die N-Verdauung höher als die der TS entsprechender Gruppen. Eine ähnliche Tendenz wurde auch von ZEBROWSKA (63), nicht aber von ROGERS (118) und PERAINO u. Mitarb.(117), die jedoch hochverdauliche Mischungen verfütterten, an Ratten beobachtet. Allerdings lassen sich für einzelne Gruppen innerhalb der Zeitintervalle unterschiedliche N-Verdauungsgeschwindigkeiten ableiten, die sich jedoch nach 6 h im engen Bereich von 19-26 % Rest-N treffen. Während beim TS-Abbau die variantenspezifischen Unterschiede erst nach 3 h auftreten, zeigt N 22 bis zur 3. h eine höhere N-Verdauungsrate, um nach 6 h gering zurückzubleiben.

Stärker bemerkbar macht sich die Supplementierung, die den N-Verdauungskurven eine eigene Charakteristik (2 Wendepunkte) gibt. Die supplementierten Rationen übertreffen bis 1 h die Entleerungsrate der nicht ergänzten Rationen um ca. 15 %, verlaufen im Intervall 1-3 h langsamer (2. Wendepunkt) und unterschreiten nach 6 h wiederum die Rest-N-Menge der vergleichbaren Basalrationen. Insgesamt gesehen ist die Verdauungsgeschwindigkeit des Proteinanteiles mit 20-25 % Rest-N nach 6 h ebenso hoch, wie die von anderen Autoren an Ratten nach Verfütterung verschiedener Proteine (Zein, Casein, Gliadin, Ei-Albumin, α -Protein) gefundenen Ergebnisse (35, 63, 117-121).

Vergleicht man den zu den jeweiligen Zeitpunkten in Lösung gefundenen Anteil N (die unteren Kurven in Fig.17) mit der Gesamt-N-Verdauungsrate, so ergibt sich eine umgekehrte

Beziehung: die Gruppen mit der höheren Gesamt-N-Entleerung zeigen den geringeren Anteil löslichen N. Diese Beobachtung läßt sich durch die Annahme einer schubweisen Entleerung des Magens erklären. Im Zentrifugat sammeln sich niedermolekulare Nahrungsbestandteile (LONDON) bis zu einer bestimmten Konzentration an, die sodann in den Dünndarm ausgepreßt werden. Nun könnte zum Zeitpunkt 1 h bei R II gerade ein Schub abgeschlossen sein und bei R I, III und IV gerade bevorstehen, wodurch die bei den Momentaufnahmen gefundene Situation entstanden ist. Nach 3 h ergibt sich ein abgewandeltes Bild: R I und R III soeben erfolgter Schub, höhere Entleerungsrate, R II und IV bevorstehender Schub, geringere Entleerungsrate. Die Schubfrequenz ihrerseits wird durch das "Lösungsverhalten der Ration" beeinflusst, das die Intensität der Magenverdauung im wesentlichen bestimmt (116, 117, 119).

Die "Lösungsgeschwindigkeit" der verabreichten Rationen kann als Erklärung für mehrere, in der Magenverdauung beobachtete Eigentümlichkeiten herangezogen werden. So ergibt sich die Differenzierung im TS-Abbau zwischen den beiden Varianten erst dann, wenn die leichter löslichen Anteile (Kohlenhydrate, Eiweiß) aus der Hafer ration herausgewaschen sind und nach 6 h die Rest-TS, wie aus der Konsistenz des zu diesem Zeitpunkt gefundenen Mageninhaltes geschlossen werden kann, im wesentlichen aus unverdaulichen Spelzen und Schalenmaterial besteht. Für die Rationen mit dem höheren Anteil Hafer (R I und II) muß sich folgerichtig der höhere TS-Gehalt nachweisen lassen.

Der Nachweis, daß der Proteinanteil schneller in Lösung geht als andere Komponenten, läßt sich aus dem Vergleich der N-Konzentration, bezogen auf die TS, der in Tab. 20 vorgenommen ist, führen.

Die Abnahme der N-Konzentration/TS der Sedimente zeigt an, daß das Eiweiß aus dem Futterbrei herausgelöst wird und zu einer ansteigenden Konzentration in den Zentrifugaten führt, mit denen es in den Duodenum entleert wird.

Tab. 20: Das Lösungsverhalten von Eiweiß im Magen
(% N/TS, Sediment (S), Zentrifugat (Z))

Zeit	I		II		III		IV	
	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z
1	1,05	3,45	0,93	3,50	1,07	3,72	1,05	4,13
3	0,61	3,89	0,97	4,33	0,88	3,68	0,97	4,57
6	0,70	4,28	0,53	4,58	0,71	5,04	0,71	4,92

Aus Tab. 20 ergibt sich weiterhin, daß die Intensität des Lösungsverhaltens (= Abnahme von % N/TS Sediment) mit den in Fig. 17 dargestellten Verdauungsgeschwindigkeiten übereinstimmt. So zeigt z.B. R II nach 1 h die geringste % N/TS-S, ohne Konzentrationsanstieg im Zentrifugat, woraus auf eine hohe Entleerungsrate zu diesem Zeitpunkt geschlossen werden kann. Entsprechende Zusammenhänge ergeben sich nach 3 h: R I und III mit den niedrigsten % N/TS-S ohne erheblichen Anstieg im Zentrifugat, höchste Entleerungsrate; Verzögerung bei R II und R IV mit relativ hohem % N/TS-S und % N/TS-Z, verminderte Entleerungsrate. (Schubtheorie!).

Der merkwürdige Verlauf der Lösungs- bzw. Entleerungsgeschwindigkeit der supplementierten Rationen im Magen mag aus der Form der Lysinulage verstanden werden. Es ist möglich, daß durch das an das Lysin gebundene HCl die pH -Verhältnisse im Magen sogleich mit der Futteraufnahme für die Pepsinaktivität begünstigt werden, so daß im ersten Zeitintervall die Eiweißspaltung (Denaturierung und Peptidierung-LONDON) verstärkt wird. Die zeitliche Abhängigkeit der Pepsinaktivität vom Faktor pH wird von KYLE (122) dargestellt. Gleichzeitig könnte die HCl -Sekretion aus den Belegzellen bei diesen Rationen durch einen Feedback-Mechanismus gehemmt werden, wodurch es, nach dem Ausspülen des ersten Schubs, zu einer vorübergehenden ungünstigen pH -Einstellung mit verminderter Lösungsintensität kommen könnte. Im Gegensatz dazu könnte das

pH-Milieu bei den Basalrationen mit ungehemmter HCl-Sekretion erst später die optimalen Verhältnisse erreichen und zu der beobachteten Überschneidung der Entleerungskurven im Zeitintervall von 1-3 h führen.

Auch die bis zur 3. h festgestellten unterschiedlichen Verdauungsraten des Proteins um 10 % zwischen den Hafervarianten können im Zusammenhang mit dem Lösungsverhalten gesehen werden. Nach Ergebnissen mehrerer Autoren (21, 63, 116, 117, 119) wird die Löslichkeit wesentlich durch den Typ des Proteins beeinflusst. Besonders der Typ des Speichereiweißes - Zein - scheint sehr langsam in Lösung zu gehen und länger im Magen zu verharren als z.B. Albumin, Casein und α -Protein. Auf Grund der Analysendaten mußte angenommen werden, daß die Variante N 121 einen höheren Anteil Speichereiweiß "Avenin" enthalte als N 22. Im Analogschluß könnte die Lösungsverzögerung der Rationen dieses N 121-Typs auf solche Zusammenhänge zurückgeführt werden.

Die Ermittlung des α -N-Gehaltes im Magen spiegelt, wie aus Fig. 7 hervorgeht, die gleichen Verdauungsraten wider wie die Gesamt-N-Verdauung. Gleiches gilt für die zwischen den Gruppen unterschiedlichen Mengen α -N in der löslichen Fraktion (Tab. 11). Der im Magen gemessene Anteil α -N am Gesamt-N (Tab. 11) zeigt einerseits graduelle Unterschiede zwischen Sediment und Zentrifugat, andererseits zwischen den Varianten. Vergleicht man die im unlöslichen Magenbrei gefundenen Ergebnisse mit den für die einzelnen Hafervarianten analysierten NPN-Gehalte (4.1.1.), so ergibt sich eine nahezu völlige Übereinstimmung in den Differenzen zwischen den Varianten. Auch die Addition von α -N und NPN (N 22: 91,1+9,3; N 121: 85+12,7) ergibt bei allen Gruppen annähernd die Menge Gesamt-N. Der vergleichsweise geringe Anteil α -N am Gesamt-N in den Zentrifugaten von durchschnittlich 69 %, d.h. 2/3 Eiweiß N : 1/3 NPN, liegt in der von anderen Autoren angegebenen Größenordnung. So beobachteten HINSBERG und BRUNS (123) im Magensaft von Menschen bei etwa 60 mg % Gesamt-N einen Anteil von ca. 30-44 mg % Eiweiß-N und 30-40 mg % Rest-N.

ALEKSANDROVA (124) fand im Magensaft von Ferkeln bei 76,2 mg Gesamtstickstoff einen Anteil von ca. 30 % NPN, was mit vorliegenden Analysendaten gut übereinstimmt.

4.3.3. Die Verdauung im Dünndarm

Die zu den einzelnen Zeitintervallen im Dünndarm gefundene Menge TS und N hängt direkt von der Entleerungsdensität des Magens ab, wie es auch von ROGERS u. Mitarb. (118) diskutiert wird. Entsprechend der hohen Entleerungsgeschwindigkeit des Magens bis zu 3 h ergibt sich ein steiler Anstieg des TS-Gehaltes über die bei den nüchternen Tieren gefundene Menge, der nach 3 h sowohl im Zentrifugat als auch im Sediment die maximalen Werte erreicht (Tab. 10). Im Zeitintervall 3-6 h nimmt der TS-Gehalt mit flacher werdender Entleerungskurve wiederum ab. Mit Ausnahme von Gruppe II, bei der schon nach 1 h die höchsten TS-Gehalte gemessen werden, können für das Verhalten der TS im Dünndarm keine variantenspezifischen Unterschiede beobachtet werden. Auch die Supplementierung hat keinen nachhaltigen Einfluß auf den Ablauf der Gesamt-TS-Verdauung im Dünndarm, womit die von ROLLS und PORTER (21, 34) beschriebenen Beobachtungen an Ratten "... There is no evidence that the practice (of supplementation) affects the rate of passage of food materially", bestätigt worden. Der maximale Anstieg im TS-Gehalt des Dünndarms erreicht etwa das 10-fache des TS-Gehaltes, der im leeren Dünndarminhalt der nüchternen Tiere noch nachweisbar war.

Analog zur Protein-Verdauungsgeschwindigkeit im Magen erreicht der im Dünndarm gefundene N-Gehalt der beiden supplementierten Rationen, wie aus Tab. 10 zu entnehmen ist, nach 1 h die Höchstwerte. Der lösliche Anteil-N gibt daher, wie in Tab. 21 wiedergegeben ist, den Ausschlag. Bei den Basalrationen zeigen sich erst nach 3 (III) bzw. 6 h (I) die höchsten N-Gehalte im Zentrifugat. Diese unterschiedlichen Verteilungsmuster sind nur zu einem geringen Teil auf die Anreicherung supplementierten Lysins im Dünndarm, die etwa

35 mg Lysin-N beträgt (Tab. 14), zurückzuführen. Die Hauptursache liegt in der schnelleren N-Verdauungsrate der supplementierten Rationen im Magen im Zeitintervall bis 1 h, die bereits charakterisiert wurde.

Tab. 21: Unlöslicher und löslicher N-Gehalt im Dünndarm (mg)

	I		II		I II		IV	
	S	Z	S	Z	S	Z	S	Z
nüchtern	49	652	25	500	40	317	53	400
1	202	472	284	1042	315	652	471	1280
3	369	919	405	657	497	845	677	751
6	276	1138	259	728	475	740	229	586

Ähnliche Unterschiede im Anstieg von N im Dünndarm beobachteten auch ZEBROWSKA (63), BURACZEWSKI u. Mitarb. (62) und ROGERS u. Mitarb. (118, 119) nach Verfütterung leicht löslicher (Casein, Albumin, Soja, Dorschfilet), schwer löslicher (Gelatine, Zein) oder hitzegeschädigter (Dorsch, Fleisch) Eiweißkomponenten an Ratten. Da Aminosäuremischungen und leicht verdauliche Proteine in diesen Versuchen im Vergleich zu N-freien Rationen keine wesentliche Ansammlung von N im Dünndarm bewirkten, scheint die Hydrolysierbarkeit der Proteine der begrenzende Faktor der Verdauungs- und Resorptionsgeschwindigkeit im Dünndarm zu sein. Für den Typ des Getreideproteins mit einem hohen Anteil langsam hydrolysierbarer Speichereiweiße, "Avenin", kann demnach die vorübergehende Ansammlung von N im Darm als natürlicher Verdauungsvorgang angesehen werden, sofern es nicht zu länger andauernder Akkumulation kommt, wie es bei Verfütterung stark hitzebehandelter Eiweißträger beobachtet wurde (62).

Aus Tab. 21 läßt sich weiterhin entnehmen, daß die Rationen der Variante N 121 einen im Durchschnitt um 29 % höheren Anteil N im unlöslichen Dünndarminhalt aufweisen. Da diese beiden Gruppen auch eine statistisch gesicherte, 22 %ige höhere N-Konzentration/TS (Fig. 6 a,b) zeigen als die Gruppen der Variante N 22, wird gefolgert, daß die Eiweißspaltung

dieses Haferproteins möglicherweise infolge eines vermehrten Anteils langsam löslichen Speichereiweißes hinter der von N 22 zurückbleibt. Eine vergleichsweise große Menge unlöslichen Rest-N im Dünndarm fanden auch CHEN u. Mitarb. (120) sowie GEIGER (125) nach Verfütterung von Gelatine und Zein an Ratten.

Im Gegensatz zum Anstieg des N-Gehaltes in den Sedimenten, der vielfach das 10-fache des leeren Dünndarms erreicht, läßt sich für die Zentrifugate im allgemeinen nur eine Verdoppelung des N-Gehaltes zu den Testzeiten feststellen. Aus der Betrachtung der N-Konzentration/TS, die in Fig. 6 a,b dargestellt ist, ergibt sich weiterhin, daß die Zusammensetzung des Dünndarmsaftes der nüchternen Tiere einen eigenen Charakter mit einem Proteingehalt von etwa 40 %/TS besitzt. Vergleicht man diesen Prozentsatz mit dem Proteingehalt der Ration von 8,4 %/TS bzw. dem Proteingehalt des löslichen Magenbreies von etwa 25 %, so wird deutlich, daß der bei den nüchternen Tieren gefundene Dünndarminhalt nicht auf Futterreste zurückgeführt werden kann, sondern der endogenen Sekretion entstammt, deren N-Gehalt vornehmlich in löslicher Form (Enzymeiweiß) vorliegt. GOLUBEV (75) konnte durch Anlegen von Pankreasfisteln ebenfalls nachweisen, daß der N-Gehalt des Pankreassekretes höher ist als der des in den Dünndarm einmündenden Verdauungsbreies. NASSET (19, 126) schreibt dem Dünndarmsaft als "mobile Protein-Reserve" ("the digestive apparatus represents a large mobile protein reserve") die Rolle eines Gleichgewichts-Reglers der Verdauungsprozesse zu, der "acts as a homeostatic device to prevent wide fluctuations in the amino acid mixture available for absorption".

Der aus dem Magen angelieferte Speisebrei wird unmittelbar nach Eintreffen im Dünndarm mit etwa gleichen Teilen endogenem N durchmischt, wodurch ein intensiver Stoffumsatz ermöglicht wird. Die auf die TS bezogene N-Konzentration geht bei der Vermischung auf niedrigere Werte zurück (Fig. 6a), da das Verhältnis N:TS im Speisebrei wesentlich weiter ist (Tab. 20) als im Chymus. Obwohl von der Arbeitsgruppe um

NASSET (126, 127) der Anteil endogenen N am Gesamt-N im Dünndarmbrei von Hunden auf das 6-61-fache eingeschätzt wird, scheint sich an Hand vorliegender Untersuchungen die Vermischung etwa im Verhältnis 1:1 einzustellen. NASSETs hohe Verdünnungsraten sind mit den eigenen Beobachtungen insofern nur schlecht vergleichbar, als er nur eine Ration mit 10 g RP (30 g Gesamtration) an nüchterne Hunde verabreichte, die nur einen Bruchteil der "mobilen N-Reserve" im Dünndarm betragen konnte. Von einem Verhältnis exogenem zu endogenem N in der Größenordnung wie in vorliegendem Experiment, berichten auch TWOMBLY und MEYER (128), SNOOK und MEYER (129, 130) und BURACZEWSKY und Mitarb. (62) an Ratten, sowie SINESCENKO (131) an ausgewachsenen Schweinen. Letzterer gibt an, daß je Einheit Eiweißsubstrat der Futterration fast die gleiche Menge Eiweiß mit den Verdauungssekreten ausgeschüttet wird (bis 18,5 g N aus Pankreassaft/Tag). GOLUBEV (75) schätzt demgegenüber nach Verfütterung normaler Rationen an 50 kg schwere Schweine den Anteil im Duodenum gefundenen endogenen N nur auf ca. 30 % des insgesamt gefundenen N.

Das in Fig. 6 a,b dargestellte unterschiedliche Verteilungsmuster der N-Konzentration über die einzelnen Zeitintervalle ist einerseits auf die verschieden hohe Verdauungsgeschwindigkeit des Proteins, andererseits auf die endogene N-Sekretion zurückzuführen. Die im Vergleich mit den Basalrationen höheren Eiweißverdauungsraten, plus dem Anteil zugeführten Lysins, bewirken bei den supplementierten Rationen (R II und R IV) nach 1 h eine höhere N-Konzentration, die nach 3 h auf einen gemeinsamen Spiegel zurückgeht. Der erneute Anstieg der N-Konzentration nach 6 h, der bei R I und R II mit einem Anstieg des Gesamt-Zentrifugat-N gekoppelt ist, (Tab. 21) scheint auf einer Erhöhung der endogenen N-Sekretion zu beruhen, die nach einem Rückgang im Zeitintervall 1 - 3 h wieder neu einsetzt. Einen solchen Verlauf der Sekretionsintensität beschrieben jedenfalls TWOMBLY und MEYER (128). Sie fanden bei Verfütterung einer 20 % RP-Ration an Ratten einen ersten Peak im Gehalt an Intestinal-N nach 1 h, ein Minimum nach 4-5 h und einen zweiten Peak nach 7-8 h. Bei Verfütterung

einer N-freien Ration stellte sich nur der 2. Peak ein. Die Autoren schließen aus diesen Beobachtungen, daß der erste Peak auf exogenes N, der zweite Peak auf endogenes N, das einer verstärkten A-Sekretion entstammt, zurückzuführen sei.

Die α -N-Analyse zeigt - ähnlich wie im Magen - für die unlöslichen Bestandteile eine Differenz des Anteiles α -N am Gesamt-N zwischen den Gruppen der Variante A 22 und N 121, die auf Unterschiede im APN Gehalt der Hafer Sorten beruhen dürften. Während α -N im allgemeinen die Verteilungsverhältnisse von Gesamt-N widerspiegelt, fällt das enge α -N:N Verhältnis in den Zentrifugaten auf, das sich wie etwa 1:1 verhält. Aus der Literatur liegt keine vergleichbare Untersuchung über den APN-Gehalt im Dünndarm vom Schwein vor.

Gleiche prozentuale Anteile APN von durchschnittlich 44-58 % fand jedoch JADAWY (132) im Dünndarm vom Schaf 2 bzw. 6 h nach Verfütterung einer Hafer-Leinsaat (2:1) Ration. Wegen des unterschiedlichen Verdauungssystems kann das Schaf nur bedingt als Vergleichsmaßstab herangezogen werden. Allerdings ist nach FRANCOIS und MICHEL (133) auch die intestinalflora des Schweines mit einer Reihe Mikroorganismen (Escherichia, Streptococcus, Clostridium und Proteus) bevölkert, die eine bemerkenswerte Kapazität zur Decarboxylierung der meisten Aminosäuren haben und somit APN-Verbindungen bilden. MICHEL (134) konnte in allen Dünndarmabschnitten (Duodenum, Jejunum und Ileum) beim Schwein Aminosäureendegradation feststellen, die im Ileum am stärksten war. LARSON und MILL (135) fanden im Ileum von Schweinen eine Reihe von Aminen (Agmatin, Putrescin, Cadaverin, Histamin, Ethanolamin, Tyramin und Tryptamin). Ein weiterer Nachweis für eine hohe Bakterientätigkeit im Dünndarm vom Schwein ergibt sich aus dem Anstieg von Ammoniak im Pfortaderblut nach Eiweißfütterung. Er wird von WARREN und NEWTON (136) bei einer 20 % RP Ration mit 868 μ g/100 ml (196 μ g/100 ml bei einer keimfrei gehaltenen Gruppe bzw. 173 bei einer N-freien Gruppe Meerschweinchen), von FRANCOIS und MICHEL (137) bei Schweinen mit 7-12 mg/l (nüchterne Schweine 2-4 mg/l) angegeben.

Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen läßt sich der im vorliegenden Experiment gefundene relativ niedrige Anteil α -N im Zentrifugat aus der Degradation von Aminosäuren verstehen. Ebenso kann die prozentuale Abnahme des α -N-Gehaltes zu den Testzeitpunkten gegenüber den nüchternen Tieren und der Anstieg von NPN im distalen Dünndarmteil (Tab. A 6 a,b) aus den dargestellten Literaturergebnissen abgeleitet werden.

4.3.3.1 Die Fraktionierung der Zentrifugate

Die Anwendung der Gel-Filtration zur Trennung von N-haltigen Substanzen verschiedener Molekulargrößen beruht auf Messungen (64,138), nach denen sich das Elutionsvolumen der Säule proportional dem log. des Molekulargewichtes verhält. Einschränkend muß jedoch beachtet werden, daß bei Anwendung des Gel-Typs "Sephadex-G 25" die Trennung von Partikeln im Molekulargrößenbereich unter MG 1000 nicht mehr vollständig ausfällt (66, 64, 139), oder durch Struktureigenschaften von Aminosäuren (aromatisch, heterocyclisch) verzögert wird (138, 140). So beobachteten STEGMANN und LOESCHKE (140) im Elutionsbereich von 250-300 ml den Ausfluß der Aminosäurenfraktion, dem erst bei 400-500 ml Phenylalanin und Tyrosin, bei 600-700 ml Tryptophan folgten. Diese Ergebnisse werden durch entsprechend verzögerte Peaks bei der Kalibrierung der eigenen Säule (Fig. 2) bestätigt. Durch die unvollständige Trennung und auftretenden Verzögerungen (starke basische Peptide) in dem erwähnten Molekularbereich dürfte es bei der im vorliegenden Experiment ausgewiesenen "Aminosäurenfraktion" (Elutionsvolumen 320-450) zu Überlappungen mit kleinen Peptiden, speziell solchen aromatischer Aminosäuren, gekommen sein. Sie können jedoch ohne Bedenken zur Aminosäurenfraktion gerechnet werden, da sie die direkte Vorstufe der endgültigen Eiweiß-Spaltprodukte darstellen. Im Rahmen der erreichbaren "Grobfraktionierung" (140) von Proteinen, Peptiden und Aminosäuren erscheint die dabei entstehende Fehlergrenze tolerabel. FORD und SALTER (61) berichten von ähnlichen Beobachtungen.

Die Wiedergewinnung der N-haltigen Substanzen des auf die Sephadex-G 25-Säule gegebenen Testmaterials wird von mehreren Autoren (139, 140) als vollständig angegeben. Auch im eigenen Experiment konnten nach dem Auslauf von Tryptophan (Volumen 600) bis zum Volumen 1000 keine mit Ninhydrin-Reagenz färbbaren Substanzen nachgewiesen werden. Auf Grund dieser Beobachtungen wurden für die eigenen Analysen die Elutionsvolumina bis etwa 650 gesammelt.

Die Eichung der Säule (Fig. 2) mit den angewandten Testsubstanzen stimmt mit der von FORD (61) durchgeführten Kalibrierung gut überein. Sie kann als brauchbarer Maßstab zur Einordnung der anfallenden Fraktionen in die einzelnen Molekulargrößenbereiche angesehen werden. In den in vitro und in vivo Untersuchungen an Ratten der Arbeitsgruppe von FORD und PORTER (21, 60-63, 191) erwies sich die Gelfiltration der Dünndarmzentrifugate in der beschriebenen Form als eine geeignete Methode, Unterschiede in der Hydrolysierbarkeit verschiedener Eiweißträger aufzuklären. Die zitierten Autoren arbeiteten allerdings mit Modellgemischen, die durch Hitzebehandlung ihren ursprünglichen Charakter als leicht verdauliche Eiweißkonzentrate verloren hatten. Sie führten zu beträchtlichen Unterschieden in der N-Akkumulationsrate im Dünndarm und zu Verzögerungen in der Hydrolysegeschwindigkeit, die sich in Verschiebungen des Verteilungsmusters der Fraktion "unverdautes lösliches Protein", "Peptide" und "Aminosäuren" innerhalb bestimmter Zeitintervalle (62, 63) manifestierte.

Die im vorliegenden Experiment gemessene Gesamtverteilung von Zentrifugat α -Amino-N auf die Fraktionen einzelner Molekulargruppen, die beispielsweise in den Elutionsdiagrammen Fig. 8 und 9 dargestellt sind, wurden in ähnlicher Form auch von BURACZEWSKI u. Mitarb. (62) und ZERROWSKA (63) gefunden. Beide Autoren beschreiben einen höheren Peak für "lösliches Protein", einen weniger ausgeprägten Peak (Schulter) für "Peptide" und den maximalen Ausschlag in der "Aminosäurenfraktion". In Übereinstimmung mit den eigenen Versuchen war auch bei diesen Autoren z.B. der Anteil "löslichen Proteins"

im Dünndarmzentrifugat der mit normalem Dorschmehl gefütterten Tiere ebenso~~sch~~ wie bei den nüchternen Gruppen.

Das Vorfinden eines hohen Gehaltes freier ASn im Dünndarmsaft (63 S.489) ("More surprisingly, very high values were also found in the free amino acid fraction") ist insofern erstaunlich, als er ein Ungleichgewicht zwischen Proteolyse- und Absorptionsgeschwindigkeit vermuten läßt. Andererseits ist es möglich, daß wegen der schon angeführten unvollständigen Trennung im niedrigen Molekularbereich, die "Aminosäurenfraktion" kleine Peptide einschließt, die noch nicht "resorptionsreif" aufgespalten sind. Nach Angaben von SNOOK und MEYER (130) werden auch endogene Proteine im Dünndarm weiter aufgespalten, so daß der lösliche endogene N-Gehalt (N-freie Rationen) im Dünndarminhalt im wesentlichen aus kleinen Peptideinheiten besteht (ca. 70%). Demgegenüber wird der gefundene Anteil reinen Aminosäuren-N im Rattendarm von diesem Autor mit etwa 20 % des Gesamt-N angegeben. Der hohe Anteil kurzkettiger N-Verbindungen in den Dünndarmzentrifugaten der nüchternen Tiere und der verschwindend geringe Prozentsatz (ca. 5 %) in der "Peptidfraktion" bestätigt, daß auch im vorliegenden Versuch eine hohe Aufspaltungsrate endogenen Proteins vorzuliegen scheint.

Die absoluten und zeitlichen Veränderungen im Mischungsverhältnis des Zentrifugates, die in Fig. 10 a,b dargestellt sind, verhalten sich für alle untersuchten Gruppen annähernd gleichartig, so daß keine gerichteten Einflüsse nach Varianten oder der Supplementation feststellbar sind. Das beobachtete wechselseitige Verhalten von Protein-, Peptid- und Aminosäurenfraktion im zeitlichen Ablauf der Verdauung wird auch von ZEBROWSKA (63) beschrieben. In den von ihr durchgeführten Darminhaltsanalysen stieg der Anteil Protein-N bis zu 4 h und von Peptid-N bis zu 2 h an, während der Anteil Aminosäuren-N nach 4 h die Tiefstwerte erreichte und sodann wieder zunahm. Verschiebungen des Mischungsverhältnisses im Dünndarmzentrifugat in dem Maße, wie sie von o.g. Autoren nach Verfütterung hitzedenaturierter Fischprodukte und rohen

Sojamehls (62, 63) oder in vitro Verdauungsversuchen (60-62) festgestellt wurden, konnten bei den vorliegenden Teststrationen nicht beobachtet werden.

Worauf die beobachteten regelmäßigen zeitlichen Schwankungen im Mischungsverhältnis des Zentrifugates beruhen, kann aus vorliegenden Ergebnissen im einzelnen nicht mit Sicherheit geklärt werden. Auf die Zusammensetzung des Zentrifugates wirken sich mehrere parallel verlaufende Vorgänge im Dünndarm (Entleerungsrate vom Magen, endogene Sekretion, Proteolyse, Absorption, Peristaltik) aus, deren einzelner Beitrag auf die Gesamtsituation weitgehend unbekannt ist. Die Zunahme der makromolekularen, bei gleichzeitiger Abnahme der mikromolekularen N-Verbindungen bis zu 3 h nach Futteraufnahme, kann möglicherweise aus der Menge und Art des angelieferten Verdauungsbreies verstanden werden. Durch den Speisebrei wird der Dünndarm mit zunehmend schwerer löslichen Fraktionen (Lösungsverhalten im Magen!) angereichert, so daß die vollständige Aufspaltung in Endprodukte verzögert wird und zu einer vorübergehenden Verminderung des prozentualen Anteils der "Aminosäurenfraktion" führt. Im Zeitintervall 3-6 h beginnen sich, mit abnehmender Anlieferung von Speisebrei, die Ausgangsverhältnisse wiederum einzustellen. Mit zunehmender N-Sekretion wächst auch der Anteil niedrig molekularer Verbindungen. Während dieses ganzen Ablaufs kommt es nur zu relativ geringen Verschiebungen des Gesamtmischungsverhältnisses, so daß auf die "niedrig-molekulare Fraktion" zu allen Zeitpunkten der weitgehend höchste Anteil entfällt. Der Theorie von NASSET folgend, kann daher dem löslichen Dünndarminhalt normalerweise ein relativ konstanter Mischungscharakter zugesprochen werden, der optimale Verdauungsabläufe ermöglicht. (127 "S.93" The nutritional significance of the amino acid homeostasis in the gut seems to be the prevention of accute and large fluctuations in the mixture beeing absorbed. It can operate effectively only when there is a large and mobile protein reserve"). Auf jeden Fall scheint die Verminderung der Aminosäurenfraktion bis 3 h nicht auf einer bis zu diesem

Zeitintervall zunehmenden Resorptionsintensität zu beruhen, da, wie aus der Anflutung von α -Amino-N im Blut der Pfortader entnommen werden kann, die maximale Resorptionsrate bereits bis 1 h nach Futteraufnahme vorliegt. Zu entsprechenden Ergebnissen kamen auch PERAINO u. Mitarb. (117) und GITLER und ROJAS (142) bei der Erforschung der Resorptionsintensität bei Ratten.

Die Verteilung der einzelnen Fraktionen auf den proximalen und distalen Dünndarmabschnitt deutet auf eine unterschiedliche Resorptionsintensität in den beiden Segmenten hin. Der festgestellte etwa 10-15 % niedrigere prozentuale Anteil der Aminosäurenfraktion im distalen Dünndarmabschnitt (Tab. 6 a, b) 3 und 6 h nach Fütterung, kann nur aus einer intensiveren Resorption im proximalen Teil erklärt werden, durch die ein größerer Anteil niedrigmolekularer Verbindungen schon abtransportiert sind, bevor sie die Dünndarmmitte erreicht haben (116, 143). Demgegenüber reichert sich im distalen Teil der Anteil löslicher, jedoch nicht hydrolysierten Proteine um das Doppelte der Vergleichsgehalte des proximalen Teiles an. Den höchsten Anteil makromolekularer Verbindungen im distalen Dünndarmteil, der auf eine Störung des Verdauungsablaufs hindeutet, zeigt die Gruppe II nach 3 h mit einem Mischungsverhältnis von 27:28:48.

4.4. Die Freisetzung und Resorption des proteingebundenen und supplementierten Lysins

Die Abschätzung der Freisetzungs- und Resorptionsrate verzehrter proteingebundener oder zugesetzter synthetischer Aminosäuren kann auf zwei Wegen erfolgen:

1. Über eine Bilanzierung der aufgenommenen Menge und der in bestimmten Zeiteinheiten noch im Magen-Darm-Trakt wiedergefundenen Aminosäuren. Dabei muß ein Abzug des endogenen Anteiles vorgenommen werden.
2. Über die zeitliche Veränderung in den Konzentrationsverhältnissen von Aminosäuren im Blut der Pfortader, als dem der Proteolyse nachgeschalteten Transportweg.

Die Aussagekraft beider Methoden ist insofern beschränkt, als es bei der ersten Annäherung keine exakten Daten über den Anteil endogener Ausschüttung nach Verfütterung unterschiedlich zusammengesetzter Rationen gibt; die zweite Annäherung nur den Situationsbericht eines definierten Zeitpunktes liefert, solange es experimentell kaum möglich ist, Menge, Herkunft und Zusammensetzung der in der Pfortader transportierten Aminosäuren kontinuierlich zu messen. Aus der Kombination beider Wege wurde versucht, über die Proteolysegeschwindigkeit und deren Auswirkung auf die Konzentrationsveränderungen im Blut, die Resorptionsintensität und die in einem Zeitintervall im Blut aufgenommene Menge ASn zu erfassen.

Die aus der Proteolyse und Resorption resultierende zeitliche Bereitstellung der Aminosäuren an die Syntheseorte ist insofern von ernährungsphysiologischer Signifikanz, als, wie es im Abschnitt über "die Wirkungsmechanismen nach Lysin-Ergänzung" bereits dargelegt wurde, Mangel oder überschuß einer Aminosäure zu einem Zeitpunkt den Nutzeffekt des Gesamtproteins gleichermaßen schmälern.

4.4.1. Die Freisetzung im Intestinaltrakt

Die Freisetzungsgeschwindigkeit von Lysin im Intestinaltrakt ergibt sich aus den Mengen Restlysin, die zu den definierten Zeitintervallen in den einzelnen Intestinalabschnitten wiedergefunden werden. Die bei den nüchternen Tieren gemessene Menge Lysin kann als "endogener Anteil" von der Gesamtmenge abgezogen werden. Aus der Differenz errechnet sich die Höhe des exogenen Lysinanteils in den einzelnen Abschnitten, sowie die in den Zeiteinheiten transportierte Gesamtmenge Lysin. Aus den Tabellen 13 und 14 läßt sich mit diesem Verfahren die Höhe des Lysintransportes je Zeitintervall vom Magen zum Dünndarm und vom Dünndarm zum Blut berechnen. Die Ergebnisse dieser Berechnung für den vorliegenden Versuch sind in Tab.22 zusammengestellt.

Tab. 22

Lysintransport und -resorption (mg) je Zeitintervall

Intervall	M zu D ges.	M zu D je h	% von v Int.	Resb. ges.	Resb. je h	% v.v. Int.
I						
- 1	519	519	33,2	458	458	29,3
1- 3	482	241	30,8	466	233	29,8
3- 6	101	34	6,5	13	4	0,8
S, D*	1101	184	70,5	937	156	59,9
II						
- 1	2252	2252	54,3	1982	1982	48,6
1- 3	522	261	12,6	598	299	14,4
3- 6	747	249	18,0	771	257	18,6
S, D	3521	587	84,9	3352	559	81,8
III						
- 1	138	138	11,0	53	53	4,2
1- 3	439	220	34,9	348	174	27,7
3- 6	300	100	23,9	372	124	29,6
S, D	877	146	69,8	773	129	61,5
IV						
- 1	1349	1349	32,5	1167	1167	28,1
1- 3	1377	688	33,2	1312	656	31,6
3- 6	1065	355	25,7	1254	418	30,2
S, D	3791	632	91,4	3733	622	89,9

* S, D = Summe oder Durchschnitt (Spalte 3 und 6)

4.4.1.1. Die Freisetzungsgeschwindigkeit im Magen

Sowohl nach diesem Berechnungsverfahren, als auch nach den in Fig. 11 und Tab. 13 angegebenen prozentualen und absoluten Lysingehalten im Magen, lassen sich eindeutig varianten- und ergänzungsabhängige Unterschiede in der Freisetzungsgeschwindigkeit des Lysins entnehmen. Analog zur N-Verdauungsgeschwindigkeit im Magen (Fig. 17), wird das Lysin in den Rationen der Variante N 22 bis zu 3 h schneller freigesetzt als in denen der Variante N 121. Für letztere findet sich die maximale Freisetzungsgeschwindigkeit im Intervall 1-3 h (220 mg/h). Da im Zeitabschnitt 3-6 h die Freisetzung des Lysins bei der Basalration I sehr stark nachläßt (34 mg/h), bei N III jedoch noch anhält (100 mg/h), haben nach 6 h bei beiden Basalgruppen etwa 70 % des verzehrten Lysins den Magen verlassen. Die unterschiedliche Freisetzungsgeschwindigkeit von Lysin zwischen den beiden Mafervarianten unterstützt die bei der Beschreibung der N-Verdauung diskutierte Beobachtung, nach der die Lösungsgeschwindigkeit des Eiweißtypes die Magenverdauung wesentlich beeinflußt. Der vermutet höhere Anteil schwer löslichen Speichereiweißes der Variant N 121 kann somit auch als Erklärung für die errechnete geringere Freisetzungsrates herangezogen werden.

Der Lysintransport der supplementierten Rationen liegt in den ersten der Fütterung folgenden Zeitintervallen wesentlich höher als bei den Basalrationen. Der auf die Verzehrsmenge bezogene Prozentsatz transportierten Lysins ist nach 1 h doppelt so hoch wie bei den Basalgruppen und übertrifft selbst nach 6 h mit 90 % noch den Vergleichswert der Grundrationen von 70 %. Daraus läßt sich folgern, daß das supplementierte, wasserlösliche Lysin unmittelbar im Magensaft in Lösung geht, dort zu einem Konzentrationsanstieg führt (Tab. A 8 a,b) und schneller in den Dünndarm entleert wird als die proteingebundenen Aminosäuren. Entsprechend der variantenspezifischen Freisetzungsrates ergibt sich zwischen den beiden angereicherten Rationen eine auffällige Diskrepanz in den Transportraten.

Während sich der Lysin-Gesamttransport bei R IV auf die 3 untersuchten Zeitintervalle annähernd gleichmäßig verteilt, d.h. umgerechnet auf Transporteinheiten/h sich von der 1 bis 6 h wie 4:2:1 verhält, entleert R II bis 1 h schon mehr als die Hälfte des Gesamtlysins, so daß sich die Transporteinheiten/h von der 1. bis 6. h verhalten wie 9:1:1. Diese unterschiedlichen Transportraten sind nur zum Teil aus der verschiedenen Verdauungsgeschwindigkeit der Basalgruppen zu verstehen, da selbst noch nach Subtraktion des Basalgruppenanteils Ration II eine um 1/3 höhere Entleerungsgeschwindigkeit bis 1 h zeigt. Das unterschiedliche Verhalten kann auf bisher analytisch nicht feststellbaren Ursachen beruhen. Sicherlich aber trägt die plötzliche massive Anschwemmung von Lysin in der 2. Gruppe wesentlich dazu bei, den in dieser Gruppe gefundenen negativen Effekt der Lysinergänzung in dem Sinne auszulösen, wie er in einem früheren Kapitel dargelegt wurde. Die relativ gleichmäßige Verteilung der Lysinbereitstellung über die Zeitintervalle bei Gruppe IV führt demgegenüber nicht zu einer überhöhten Belastung des Organismus. Es wird eine schwach positive Ergänzungswirkung erzielt.

4.4.1.2. Die Resorptionsrate

Die pro Zeiteinheit resorbierte Menge Lysin (Tab.22) errechnet sich aus der Höhe des Transportes aus dem Magen (Tab.22) korrigiert auf endogenen Anteil (=Lysin im Dünndarm der nüchternen Tiere, Tab. 14) und dem an den entsprechenden Zeitpunkten ermittelten Restlysin im Dünndarm (Tab.14), nach folgender Formel:

$$R = t - \frac{[(d_1 - n) - (d_2 - n)]}{n} \quad \text{wobei: } R = \text{Resorption; } t = \text{Transport; } n = \text{Nüchternwert; } d_1 = \text{Restlysin des betreffenden Intervalls; } d_2 = \text{Restlysin des vorherigen Intervalls}$$

Aus der Berechnung ergeben sich ähnliche varianten- und ergänzungsabhängige Differenzen, wie sie für die Freisetzungsrates im Magen beobachtet wurden. Die Basalgruppe der Variante N 22 zeigt die höchste Resorptionsleistung bereits im Zeitabschnitt bis 1h (458 mg/h), die der Varianten N 121 erst im Intervall 1-3 h (174 mg/h). Für die supplementierte Ration II ergibt sich anfänglich eine stark erhöhte Resorptionsleistung von 1982 mg/h, der ein abrupter Abfall auf 299 mg/h folgt. R IV zeigt indessen eine gleitende Verminderung der stündl. Resorptionslsg. v. 1167 mg/h im ersten Zeitintervall auf 418 mg/h im dritten Meßabschnitt.

Die Parallelität zwischen den Größen "Anlieferung aus dem Magen" und "Resorptionsleistung/h" läßt darauf schließen, daß die Resorptionsgeschwindigkeit direkt von der Freisetzungsgeschwindigkeit, die einen Konzentrationsanstieg im Dünndarm bewirkt zentrifugat (Fig. 12), abhängt. Auch nach DI BELLA (144) ist die Lysinkonzentration der entscheidendste limitierende Faktor des Resorptionsgeschehens (DIFFUSIONS-KINETIK). Die große Breite der gemessenen Resorptionsleistungen/h, die je nach Versuchszeit 53 mg/h bis 1982 mg/h beträgt, deutet an, daß die Resorptionskapazität des Dünndarmlumens zu keinem Zeitpunkt überschritten wird. Da nach den Darstellungen von SISOVA u. Mitarb. (145), SMYTH (146) und GITLER und ROJAS (142) die Resorptionskapazität von der Absättigung und Regenerationsgeschwindigkeit eines Carrier-Transport-Komplexes (MICHAELIS-MENTEN-KINETIK) abhängt, erscheint bei allen vorliegenden Gruppen die CARRIER-Bereitstellung groß genug, um selbst das massive Angebot synthetischen Lysins abzufangen und weiterzutransportieren. Das Auftreten einer Verzögerung im Anfangsstadium des Resorptionsgeschehens, wie es im beschriebenen Experiment bei den Gruppen der Variante N 121 beobachtet wurde, wurde auch von SISOVA (145) für einzelne ASn gefunden und diskutiert. Die Ursachen dafür sind nicht mit Sicherheit erkennbar, könnten aber im elektrischen Ladungspotential der in der Lösung befindlichen Moleküle (JEP) zu suchen sein.

Bis 6 h nach Futteraufnahme beträgt die Gesamtresorption bei den beiden Basalgruppen ca 60 %, bei den Ergänzungsrationen 82-90 % der Verzehrmenge (Tab. 22, Spalten 4 und 7). Daraus ergibt sich eine Verzögerung der Resorption gegenüber der Anlieferung aus dem Magen um ca. 10 % bei den Grundrationen und um 2 % bei den supplementierten Gruppen. Diese Beobachtung dürfte sich aus der Bindungsform des Lysins im Verdauungsbrei ableiten: Bei den Basalrationen bedarf es einer vorherigen Hydrolyse aus dem Peptidverband; in den Ergänzungsrationen liegt der höhere Anteil Lysin bereits in freier Form im Zentrifugat vor und kann direkt resorbiert werden.

Zu im Trend ähnlichen Beobachtungen kamen auch KÖHLER und GEBHARDT (113) nach Verfütterung von Vergleichsrationen mit ^{35}S -Methionin oder ^{35}S -markierter Hefe. Während die Resorption des oral verabreichten Methionin schon 2 h nach Fütterung 90 % erreichte und vier Stunden nach der Futteraufnahme mit 94 % praktisch beendet war, betrug die Resorptionsrate des Hefe-Methionins nach 2 h erst 40 % und nach 4 h erst 67 %. Die Autoren schließen aus ihren Beobachtungen (S.494) "die Resorption der im Eiweiß gebundenen Aminosäure ging also sowohl insgesamt als auch in den einzelnen Darmabschnitten wesentlich langsamer vonstatten als die Resorption des freien Methionins, da die freie, dem Futter zugesetzte Aminosäure nicht erst der vorangehenden Hydrolyse unterworfen war". Auch von WILLAH u. Mitarb. (147) wurden für reine Aminosäurenrationen eine höhere Passagegeschwindigkeit im Intestinaltrakt gefunden als für eine adäquate Caseinration, was mit einer geringen N-Retention und LW der Aminosäurenration verbunden war. Auf Grund eines Vergleiches der Lysin- oder Methioninkonzentration portalen und systemischen Blutes von Ratten, die mit nicht ergänzten oder Methionin und Lysin ergänzten Zein-, α -Protein-, ADM-Protein- und Glutein-rationen gefüttert waren, kamen auch COLLIS und PORTER (21, 34) zu der Vermutung, daß die freien ASn einer Ration schneller resorbiert werden als die proteingebundenen ASn.

Wie im einleitenden Kapitel "Arbeitshypothesen" bereits erwähnt wurde, kann nach COLLIS und PORTER (21) der wiederholt beobachtete geringere Nutzeffekt von Zein- und Gluteinrationen, die durch Supplementation dem AS-Gehalt von Casein- und Trockeneinration angeglichen wurden, wesentlich auf die Unterschiede im Zeitverlauf der Resorption zurückgeführt werden. Auf Grund der von ihnen festgestellten Unterschiede in der Resorptionsgeschwindigkeit des freien und proteingebundenen Methionins, testeten KÖHLER und GEBHARDT (148) den Ergänzungseffekt einer Methioninzulage auf Casein-Hefe und Sojaextraktionsschrot-Rationen an Ratten, indem sie die ASn gleichzeitig mit und jeweils 1/2, ein oder zwei h nach der

Hauptmahlzeit verabreichten. Verglichen mit den nicht supplementierten Rationen (=100) wurden bei allen drei Rationstypen die höchsten b-Werte (ein Maß für die Retention, 149) entweder nach 1/2 h (Hefe = 154,7) oder nach 1 h (Casein = 137,2, Sojaschrot 129,3) errechnet. Die Abhängigkeit des b-Wertes von dem Fütterungsregime ist für Soja um so interessanter, als bei gleichzeitiger und 1/2 h verschobener Verabreichung der Methioninzulage keine Verbesserung (=100,3, 98,9), nach 1 h Verzögerung jedoch ein Anstieg des b-Wertes um 29 % erzielt wurde. Der geringe Effekt der Lysinzulage auf die BW der verabreichten Haferrationen im eigenen Versuch entspricht in dieser Hinsicht der Soja + Methionindiät bei gleichzeitiger Verfütterung.

Zur Prüfung der Ergänzungswirkung von supplementierten Aminosäuren wurde ein weiterer N-Bilanzversuch mit Schweinen vorgenommen. Darin wurde die BW einer handelsüblichen US-Gelbmaischarge mit der von Opaque-2 Mais (Minneapolis)⁺ und der auf den Lysin- und Tryptophangehalt des Opaque-2 aufgewerteten Gelbmaissorte verglichen. Der Versuch brachte die in Tab. 23 zusammengefaßten Ergebnisse.

Tabelle 23: Die BW von Maisvarianten

Sorte	%Lys. Rat.	Harn-N %	N-Bil. %	BW	
				abs.	%
US-Gelbmais (1,52% N/TS, 2,8g Lys. ⁺ , 0,8g Try/16g N ⁺⁺)	0,20	56,7	24,2	53,8	100,0
US-Gelbmais +L-Lysin-HCl(1,7g/kg Rat) + Nikotinsäureamid (0,52 g/kg)	0,34	56,1	24,9	54,4	101,1
Opaque-2 (1,63%N/TS; 3,9 g Lys., 1,8 g Try/16 g N)	0,34	48,1	37,4	64,9	120,6

⁺) Aminosäureanalysator

⁺⁺) Streptococcus zymogenos, NCDO 592, FORD (59)

⁺) Dr. J.W. Nordstrom, Univ. of Minnesota, St. Paul u. der NORTHROP, KING & Co, Minneapolis, sei für die Beschaffung des Opaque-2 gedankt.

Opaque-2 hat eine signifikant höhere BW als der normale Mais. Durch die Aminosäureenergänzung wird die BW des Gelbmaises nur wenig (+1,1 %) verbessert, so daß sie bei weitem nicht an die Vergleichswerte des Opaque-2 herankommt. Von ähnlichen Ergebnissen berichten CROMWELL u. Mitarb. (150). Sie stellten nach Verfütterung von Opaque-2 an Schweinen eine höhere N-Retention fest als bei der Vergleichsration mit normalem Mais. Auch bei einer Supplementierung des normalen Mais mit einer, das Opaque-2 Aminosäurenmuster simulierenden Menge synthetischer Aminosäuren, konnten mehrere Autoren (151, 152) keinen dem Opaque-2 entsprechenden positiven Effekt auf Wachstum und N-Retention beobachten.

Da nachgewiesen werden konnte (152), daß Opaque-2 einen höheren Gehalt leichter zugänglichen Gluteins und weniger schwer löslichen Zeins enthielt als normale Maissorten, wird der größere Nutzeffekt des Opaque-2 neben dem Aminosäuregehalt der besseren Verfügbarkeit der Eiweißfraktionen zugeschrieben. Durch die Aufwertung mit synthetischen Aminosäuren kann zwar das Aminosäurenmuster des Opaque-2 simuliert, nicht aber die spezifischen Freisetzungsgeschwindigkeiten der ASn eingestellt werden, denen im biologischen Nutzeffekt eine wesentliche Bedeutung zukommt.

Aus den Beobachtungen der beiden Stoffwechselversuche läßt sich folgern, daß es sinnvoll erscheint zu überprüfen, ob beim Schwein durch eine zeitliche Staffelung der Beigabe synthetischer Aminosäuren die Ergänzungswirkung verbessert werden könnte. KÖHLER und GEBHARDT empfehlen, trotz des von ihnen beobachteten positiven Effektes der zeitlichen Verzögerung einer Methioninzulage zu Sojaschrot auf den Proteinansatz, diese Fütterungsmethode nicht, "da der Aufwand zur Einführung einer zeitlichen Verzögerung durch den geringen Nutzeffekt nicht gerechtfertigt wäre" (S.471). Andererseits ist es denkbar, durch die Herstellung von Aminosäurenggranulaten mit einer "Langzeitwirkung", die die wirksame Substanz ratenweise freigeben könnte, den Fütterungsaufwand gleichzuhalten und den Nutzeffekt sowohl der ergänzten Aminosäure als auch des Gesamtproteins zu erhöhen.

Bei der Gegenüberstellung des Lysingehaltes und der Lysinkonzentration im Dünndarm der nüchternen und der gefütterten Tiere (Tab. 14) ergeben sich im allgemeinen die gleichen Verhältnisse wie sie bei der Betrachtung des Gesamt-N beschrieben wurden. Der endogene Anteil Lysin am Gesamt-Lysin im Dünndarm zu den Testzeiten kann mit etwa $1/3$ bis $1/2$ angegeben werden. Er liegt damit in der von GOLUBEV (75) für den Duodenum der Schweine angegebenen Größenordnung von 30-40 %. BERGEN und PURSER (153), die den Anteil endogener Aminosäuren aus der Differenz der Gesamt-Aminosäuren minus dem Aminosäuregehalt im Dünndarm bei N-freier Ernährung von Ratten berechneten, kamen ebenfalls auf ein Vermischungsverhältnis von exogenem zu endogenem AS-Anteil von 1:1.

Die Gruppen der Variante N-121 enthalten zu den Zeitpunkten 1 und 3 h einen höheren unlöslichen Lysingehalt als die von N 22, was als eine Folge der für diese Variante typischen Hydrolyseverzögerung angesehen werden kann.

Während bei den nüchternen Tieren, mit Ausnahme von Gruppe II, die Lysinkonzentration (Fig. 12) in den Zentrifugaten höher ist als bei den gefütterten Tieren, läßt sich für die Sedimente eher eine umgekehrte Tendenz feststellen. Die unerwartet hohe Lysinkonzentration in den Sedimenten, die den Lysingehalt des Futters bei weitem übertrifft und auch im Kot (Tab. 15) wiedergefunden wird, muß im wesentlichen auf einen hohen Anteil endogener Proteinquellen zurückgeführt werden. Eine vergleichbare Beobachtung wird auch von BERGEN und PURSER (153) diskutiert. Sie führen als mögliche Ursachen der von ihnen gefundenen hohen AS-Konzentration im Ileum und Jejunum von Ratten Darmepithelien, die beim Töten der Tiere verstärkt abgelöst ("extensive mucosal shedding") und beim Durchwaschen mit herausgespült werden und endogene Sekretionsprodukte an. Die Höhe der Lysinkonzentration im Dünndarmgewebe wird nach CREMER und LÜHR (154) mit 6,8 g/16 g N angegeben, die des Pankreassekrets mit 6,2 g/16 g N. Bei der Annahme einer Vermischung des endogenen zu exogenen Aminosäurenteils im Verhältnis von 1:1-2 läßt sich die tatsächlich

beobachtete Lysinkonzentration von 4-5 g/16 g N im Sediment ableiten. Das Anwachsen der Lysinkonzentration bei den ergänzten Rationen nach 6 h auf Werte um 6-7 g /16 g N dürfte auf einer verstärkten Beimischung endogenen Eiweißes beruhen.

Die Verteilung des im Dünndarm-Zentrifugat gefundenen Lysins auf die drei Molekularbereiche unterschiedlicher Größenordnung (Fig. 13 ab) folgt den bei der α -Amino-N-Verteilung aufgezeigten Gesetzmäßigkeiten. Jedoch nimmt das in der Protein- und Peptidfraktion vorliegende Lysin einen um ca. 50 % geringeren Prozentsatz ein, als das in diesen Bildungsformen vorliegende Amino-N. Die Supplementierung drückt sich in einem vergleichsweise höheren Anteil Lysin in der Aminosäurenfraktion nach 1 h aus; das allgemeine prozentuale Verteilungsmuster der Fraktionen wird ansonsten durch die Ergänzung kaum beeinflusst.

Im Gegensatz dazu zeigt die Fraktionierung deutliche Unterschiede im Verteilungsmuster zwischen den beiden Liefervarianten. Die Gruppen von N 121 enthalten einen um 20 % höheren Anteil protein- und peptidgebundenen Lysins, dem ein um ca. 6 % niedriger Anteil freien Lysins gegenübersteht. Ähnlich wie in den in vitro Versuchen von FORD und SALTER (61), kann diese Beobachtung auf eine Verzögerung der enzymatischen Freisetzung der Aminosäuren beruhen, die den für diese Variante auch sonst gefundenen Proteolyseverzögerungen entspricht. Der Charakter des Eiweißtyps, d.h. die durch die Eiweißfraktionen bedingten Struktureigenschaften, beeinflusst die Freisetzung einzelner Aminosäuren stärker als die Aminosäureenergänzung.

4.4.2. Die Aufnahme in die Blutbahn

Die Konzentrationsänderungen der freien Aminosäuren im Plasma des Pfortaderblutes, die einer Proteingabe folgen, werden durch eine Reihe Faktoren beeinflusst, die sich wie folgt zusammenfassen lassen: Aminosäurenzusammensetzung der Ration (20, 32, 33, 42, 155), Entleerungsrate des Eiweißes vom Magen

(20, 39, 42, 45), Proteolysegeschwindigkeit im Dünndarm (33, 37, 39, 42, 45), Resorptionsgeschwindigkeit (42), Umsetzungsmenge im Dünndarmgewebe während der Resorption (19, 20, 35, 45), Entzücksgeschwindigkeit der resorbierten ASn aus dem Blut infolge der Syntheseaktivität der Gewebe (20, 42, 45, 156) und Vorfütterung der Versuchstiere (157, 158). Wie aus der Intestinalanalyse zu beobachten war, wird der Ablauf der Verdauung im Magen-Darm-Trakt wesentlich vom Rationstyp bestimmt, der sich auf diesem Wege auch auf die Konzentrationsverhältnisse im Pfortaderblut auswirken dürfte.

Abgesehen von der durch die Lysin-Supplementierung induzierten absoluten Steigerung der Lysinkonzentration im Blutplasma, lassen sich für α -Amino-N und Lysin, nicht aber für Methionin, ähnliche Kurvenverläufe im Konzentrationsverhalten (Fig. 14, 15, 16) über die Zeitintervalle ableiten. Es läßt sich daraus entnehmen, daß sich Lysin als Einzelaminosäure der Gesamtresorption des überwiegenden Teiles freier Aminosäuren entsprechend verhält, während unter den gegebenen Bedingungen Methionin diesem allgemeinen Muster nicht folgt.

Die absolute Konzentration von α -Amino-N (Tab. 16) im Plasma der nüchternen Tiere - sie dürfte der Konzentration im peripheren Blut am besten entsprechen - liegt in der gleichen Größenordnung, wie sie von CUNNINGHAM und FRIEND (159) für Schweine (vena cava) mit 7-9 mg/100 ml, = 45-60 mg/100 ml freien Aminosäuren, und RIJS (160) mit, je nach Gewicht, 46-80 mg/100 ml freien AS, angegeben wird. Beim Hund wurden 69 mg/100 freies α -Amino-N 4 h nach Fütterung im Portalblut nachgewiesen (39, 161). Eine ähnliche zeitliche Verteilung der Amino-N-Konzentration im Pfortaderblut wie im eigenen Versuch fanden auch ZIEMLAŃSKI u. Mitarb. (158). Nach Verfütterung einer Ration mit 10 % Eiprotein an Ratten stieg der Amino-N-Gehalt nach 1 h auf ein Maximum an, um bereits nach 4 h wiederum auf die Ausgangskonzentration abzufallen. Allerdings betrug die von ihnen gemessene Konzentration nur etwa die Hälfte (3 bis 5 mg/100 ml) der im vorliegenden Experiment gefundenen Werte.

Die Veränderung der Konzentration des freien Lysins
während der Verdauung (% der NW)

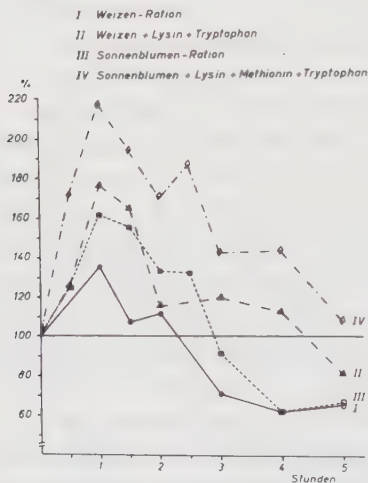


Fig. 18: Die Lysinkonzentration
im Pfortaderplasma vom Schwein
(n.PION und RERAT,47)

Die einzigen mit dem eigenen Experiment direkt vergleichbaren Resultate über Veränderungen der Lysin-konzentration im Pfortaderplasma von Schweinen im Verlauf der Verdauung wurden von PION und RERAT(45, 46, 47, 162) mitgeteilt. Ein nach den Angaben dieser Autoren angefertigter Kurvenverlauf (47) ist in Fig.18 dargestellt.

Fig. 18 zeigt eine ähnliche Kurvencharakteristik wie Fig. 15. Durch die engere Zusammenlegung der Meßzeitpunkte ergibt sich allerdings ein nicht so steiler Abfall der Kurven nach dem maximalen Anstieg und ein kleinerer zweiter Peak im Intervall 2 - 2 1/2 h. Eine gleich-

artige Verteilung auf zwei Peaks fanden auch DENTON und ELVEHJEM (42) nach Verabreichung einer Casein-Ration an Hunde. Sie kommentierten den ersten Peak als Folge des raschen Influx der Nahrungs-Asn ins Blut, den zweiten Peak, entweder als Folge einer Verzögerung in der Entleerungsrate des Magens oder einer verminderten Entnahmerate durch die Gewebe. Demgegenüber wurde von einer Reihe Autoren, ähnlich wie in vorliegendem Experiment, nur ein Peak im Konzentrationsanstieg der Aminosäuren im Plasma des Pfortaderblutes (22, 32, 35, 39, 163, 164) und des peripheren Blutes (35, 155, 165, 166) nach Fütterung verschiedener Tierspecies beobachtet.

Aus der Literatur sind keine Vergleichswerte für die absolute Lysinkonzentration im Plasma der Pfortader vom Schwein bekannt (die Angaben von PION und RER/AT (47, 162) beziehen sich auf mg/g Gesamtblut). Die eigenen Meßwerte liegen jedoch in dem von BRAUDE u.Mitarb.(165) 1 h nach Verfütterung von lysinergänzten Getreiderationen im Blutplasma der vena cava cranialis festgestellten Größenbereich von, je nach Höhe der Supplementierung, 2,9 - 10,5 mg Lysin/100 ml. Die gleiche Arbeitsgruppe (22) fand im Blut der Pfortader nur eine schwach höhere Aminosäurenkonzentration als in dem der vena jugularis ("the levels of essential amino acids in portal blood were generally higher than in jugular blood, but not markedly so"), so daß die angegebenen Werte als Anhaltspunkte auch für die Pfortaderkonzentrationen dienen können. Amerikanische Autoren (167, 168) geben Lysinkonzentrationen in der vena cava cranialis vom Schwein von 4 - 6 mg/100 ml Plasma an.

Das Absinken der Konzentrationen der nicht angereicherten Diäten unter das Ausgangsniveau wird von PION und RER/AT (162) wie folgt erklärt: (S.366)" Diese Verminderung ist wahrscheinlich auf eine Verringerung des Lysingehaltes des arteriellen Blutes, das den Darm irrigiert, zurückzuführen und ist an eine durch die Proteinsynthese erhöhte Ausnutzung des freien Lysins im Blut gebunden, welche durch die Anwesenheit der anderen essentiellen Aminosäuren ermöglicht wird." Die induzierte hohe Syntheseaktivität in den Geweben nach der Futteraufnahme, die sich in einer verstärkten Entnahmerate freier Aminosäuren aus dem Blutplasma ausdrückt, zeigt sich auch in dem α -Amino-N-Spiegel des Plasmas, der nach 6 h bei allen Gruppen unter das Nüchternniveau abgesunken ist.

Ein Zusammenhang des Aminosäurenverbrauchs in den Geweben zur Proteinsynthese und dem Gehalt freier Aminosäuren im Plasma des peripheren Blutes (vena cava) 8 bzw. 12 h nach der Fütterung wurde auch von einer amerikanischen Arbeitsgruppe beschrieben. Die Autoren (167, 168, 169) stellten fest, daß eine, durch hohe Eiweißzufuhr induzierte, verstärkte Proteinsynthese und entsprechende bessere Zunahmen der Versuchstiere den

Aminosäurenspiegel im Plasma stärker erniedrigten als Mangelrationen, die geringere Zuwachsraten auslösten. Für die limitierende Aminosäure ließ sich dabei jeweils der niedrigste Gehalt im Plasma nachweisen, was auf ihren vollständigen Umsatz bei den Syntheseleistungen hindeutet ("drainage"). Einen Abfall des Lysin-, Methionin- und Tryptophanspiegels im Portalblut von Ratten unter die Vergleichswerte nüchterner Tiere, beobachteten weiterhin GOLDBERG und GUGGENHEIM (32, 33) bereits 180 min. nach Verfütterung von Sojaschrot oder Zein. Auch in ihren Versuchen richtete sich die Höhe des Abfalls unter den Nüchternwert nach der in den jeweiligen Proteinträgern limitierenden Aminosäure. Den von ihnen beobachteten Unterschied des Lysingehaltes im Plasma der arteria carotis nüchterner (10,9 mg/100 ml) und gefütterter Hühner (4,6 mg/100 ml) führten CRAY u. Mitarb. (157) auf folgende Zusammenhänge zurück. Nach ihrer Auffassung werden Lysin und Threonin weniger schnell desaminiert als andere Aminosäuren. Während längerer Fastenperioden (24-36 h) lösen sich Aminosäuren aus dem Gewebe- und Pool(storage)protein heraus und werden abgebaut, wobei sich jedoch Lysin und Threonin wegen der langsameren Deaminierung stärker als andere Aminosäuren im Blut ansammeln.

Beide charakterisierten Theorien, "Syntheseaktivität" und "Akkumulation", können zum Verständnis der im eigenen Experiment gefundenen Konzentrationsverläufe herangezogen werden: Die alimentär induzierte Syntheseaktivität führt nach dem Maximalanstieg wiederum zu einem Abfall des Blutspiegels bestimmter, im Mangel stehender, Aminosäuren unter die Nüchternwerte. Während der Fastenperiode werden durch Gewebeerfall Aminosäuren freigesetzt, die zu einem Wiederaufstieg der Aminosäurenkonzentration im Plasma und zu den gemessenen relativ hohen Nüchternwerten führen. Bei einer ausreichenden oder gar übermäßigen Versorgung des Organismus mit einer Aminosäure, wie sie im Falle der ergänzten Rationen vorliegt, wird der Nüchternspiegel eine längere Zeit nach Fütterung nicht unterschritten, da der Synthesebedarf gedeckt ist.

Aus dem Vergleich der Lysinkonzentrationen im Plasma der mit den Basalrationen gefütterten Tiere (Berechnung 4.3 8.2), läßt sich auf eine strenge Proportionalität zwischen dem Lysingehalt der Rationen und der Anflutung im Portalblut schließen. Damit wird die von der Arbeitsgruppe um HERAT (45, 47, 162) mitgeteilte Feststellung (162, S.365) "der Lysingehalt des Pfortaderblutes ändert sich proportional zu dem des Futter~~s~~" im vorliegenden Experiment am Schwein bestätigt. Die gleiche Annahme wird auch von anderen Autoren aus experimentellen Befunden abgeleitet (155 S.191) "in general the increase or decrease of each amino acid tested was related to the amount of that amino acid in the test food", 167,-169). Diese Gesetzmäßigkeit gilt jedoch nur mit der Einschränkung, daß Futterrationen gleichen Rohproteingehaltes, die einen gleichartigen Wachstumsverlauf der Tiere bewirken (169) und strukturell verwandte Eiweißquellen miteinander verglichen werden. Für Proteinträger unterschiedlicher Herkunft und Eigenschaften, deren Lysin-, Methionin- und Tryptophananflutung im Pfortaderblut von Ratten mehrere Zeitintervalle nach Fütterung von der Arbeitsgruppe um GUGGENHEIM (32, 33) gemessen wurde, scheint diese Feststellung nicht unbeschränkt zuzutreffen (36, S.133 "there is no close relationship between the concentrations of lysine and methionine in certain food proteins and the extent and duration of the rise in the concentrations of these amino acids in portal plasma after a protein meal"). Hierbei spielen die strukturbedingte Hydrolysegeschwindigkeit während der Verdauung (163), Schädigungen, Verfügbarkeit (164) und der Resorptionsmechanismus die wesentliche, die Intensität der Anflutung bestimmende Rolle.

Der weiteren, von PION und HERAT auf Grund der Resorptionskurven normaler und supplementierter Rationen (Fig.18) gezogenen Schlußfolgerung (47): "qui permet de supposer que la lysine supplementaire est absorbee a la meme vitesse que celle qui provient de la digestion des proteines", vermag aus vorliegenden Versuchsdaten aus zwei Gründen nicht zugestimmt zu werden. Legt man erstens die Gesetzmäßigkeit von der

"Proportionalität zwischen Futter- und Blutkonzentration" zugrunde, so ergibt sich aus der Berechnung in K.3.8.2, daß für die Ergänzungsrationen nur etwa die Hälfte der Erwartungswerte gemessen werden, wobei Ration II die niedrigsten Ergebnisse zeigt. Daher ist anzunehmen, daß die Resorptionskurve der zugesetzten synthetischen Aminosäure anders verläuft als die der proteingebundenen und ihr Maximum an einem anderen Zeitpunkt liegt. Nimmt man zweitens die aus der Dünndarmanalyse ermittelte Resorptionsleistung/h (Tab. 22), die bei den Ergänzungsrationen schon nach 1 h ein Vielfaches der Basalrationen beträgt, zu Hilfe, so läßt sich folgern, daß der Zeitpunkt der maximalen Lysinkonzentration im Plasma der supplementierten Gruppen bereits vor der "Momentaufnahme" 1 h gelegen haben muß. Die supplementierte Aminosäure wird wesentlich schneller in die Blutbahn aufgenommen als die aus dem Proteinverband freizusetzende AS.

Vergleicht man in diesem Zusammenhang die absoluten Lysinkonzentrationen im Plasma (Tab. 16) und die Resorptionsleistung/h der II mit der IV Gruppe, so fällt auf, daß Gruppe II mit der bis zu 1 h gemessenen höchsten Resorptionsleistung, zu diesem Zeitpunkt eine um 25 % niedrigere Konzentration aufweist als Gruppe IV. Es scheint also selbst zwischen den Ergänzungsrationen eine Phasenverschiebung der Konzentrationskurven vorzuliegen, wobei die Kurve von Gruppe II der von Gruppe IV vorausläuft. Die daraus resultierende zeitliche Diskrepanz in der Anlieferung synthetischer und proteingebundener Aminosäuren, die, besonders ausgeprägt bei Gruppe II, eine frühzeitige Anschwellung des zugesetzten Lysins verursacht, führt offenbar zu einer Stoffwechselüberlastung mit den beobachteten negativen Auswirkungen auf die geprüften Leistungsmerkmale.

Einen Zusammenhang zwischen BW und den Resorptionsgeschwindigkeiten der Aminosäuren vermutet auch EGGUM (170). Im Vergleichstest mit Schweinen ermittelte er für Fischmehl eine höhere BW (90 %) als für Kasein (84.4), obwohl letzteres

einen höheren Gehalt an essentiellen Aminosäuren mit einer größeren Verfügbarkeit enthielt. Als Erklärung für dieses unerwartete Ergebnis sieht er die Möglichkeit (S.37) "daß die Aminosäuren im Kasein zu schnell freigesetzt werden und daß hierdurch die Synthesegeschwindigkeit in den Zellen überschritten wird." Auch SCHARRER und ZUCKER (164) kommen auf Grund der gemessenen zeitlichen Konzentrationsänderungen im Pfortaderblut von Ratten und KRYSCIAK u.Mitarb.(171) im Schwanzblut von Schweinen nach Fütterung von lysinergänzten Fischmehl- und Maisrationen zu der Überzeugung, daß die Resorptionsgeschwindigkeit von Aminosäurenmischungen oder einzelner zugesetzter Aminosäuren größer ist als die von Aminosäuren aus nativen Eiweißverbindungen. Auf die gleichartigen Beobachtungen der Gruppe um PORTER (21, 34) wurde bereits eingegangen (K 4.4.1.2.).

Im Gegensatz zum Lysin kommt es während der geprüften Zeitintervalle zu keiner einheitlichen, ausgeprägten Anflutung von Methionin im Pfortaderplasma über den Nüchternwert (Fig.16). Dieses Ergebnis ist zunächst überraschend, da von mehreren Autoren (21, 33, 163, 165, 168, 169, 172) ein, wenn zum Teil auch geringer, Anstieg der Methioninkonzentration im Plasma nach Proteinverzehr beobachtet werden konnte. Allerdings waren in den meisten Untersuchungen die verabreichten Diäten aus hochwertigen Eiweißträgern zusammengesetzt, die einen relativ hohen Methioningehalt der Rationen verursachten. Gegenteilige Resultate erzielten GOLDBERG und GUGGENHEIM (33) und WINDELS u.Mitarb.(168) nach Verfütterung von Sojarationen mit Methionin als limitierender Aminosäure. Erstere beobachteten - verglichen mit einer proteinfreien Kontrollration - nach Sojamehlgabe keinen Anstieg der Methioninkonzentration im Pfortaderblut von Ratten 20 - 180 Min. nach Fütterung. WINDELS u. Mitarb. fanden nach Fütterung einer Sojaschrotmischung an Schweine im Plasma der vena cava anterior "extrem niedrige und relativ konstante" Konzentrationen freien Methionins. Sie schließen daraus (S.272) "that

methionine was deficient in the diets based on soybean meal, or that nearly the total supply of plasma free methionine was being utilized rapidly for protein synthesis and other metabolic needs".

Aus der Aminosäurezusammensetzung der vorliegenden Rationen mußte, wie schon früher dargelegt wurde, angenommen werden, daß sich Methionin im Grenzbereich oder gar im Minimum befindet. Es dürfte somit eine, der Annahme WINDELS entsprechende, Situation eingetreten sein, bei der das in so geringen Mengen (25-30 % der Bruttobedarfsberechnung) freigesetzte Methionin dem Blut unmittelbar entzogen und den Syntheseleistungen zugeführt wurde.

4.5. Die Ausscheidung von N und Lysin im Kot

- - - - -

Seitdem experimentell beobachtet wurde, daß die scheinbare Verdaulichkeit einzelner Aminosäuren eines bestimmten Eiweißes sehr verschieden sein kann (173), und daher die Verdaulichkeit des Gesamt-N kein exakter Maßstab für die Verdaulichkeit von Aminosäuren darstellt (171, 173, 174, 175), gewinnt die Bestimmung verdaulicher Aminosäuren in der Beurteilung der Eiweißqualität und der Aminosäuren-Bedarfsermittlung an theoretischem und praktischem Interesse. Insbesondere bei der Bewertung weniger hoch verdaulicher pflanzlicher Eiweißträger oder hitzebehandelter Eiweißstoffe, die ja den Hauptanteil praktischer Rationen darstellen, kann die von THIER (176) vorgeschlagene Berechnung der verdaulichen oder, wie es zuweilen ausgedrückt wird, "verfügbaren" Aminosäuren aus der Proteinverdaulichkeit zu Fehleinschätzungen des Aminosäurenangebotes führen. Es scheint somit erforderlich, für die exakte Beurteilung der Qualität unterschiedlicher Proteinträger Informationen über die Verdaulichkeit einzelner Aminosäuren zu gewinnen.

4.5.1. Verdaulichkeit - Verfügbarkeit

Bevor die vorliegenden Ergebnisse in dieser Hinsicht diskutiert werden, bedarf es einer begrifflichen Klarstellung. Seit den ersten Arbeiten von KUIKEN und LYMAN (177) ("Availability of amino acids in some foods") auf der einen und CARPENTER (178) ("The estimation of available Lysine in protein concentrates") und FORD ("A microbiological method for assessing the nutritional value of proteins: the measurements of available methionine") auf der anderen Seite, wird bei der ernährungsphysiologischen Beurteilung von Aminosäuren in der Literatur der Begriff "Verfügbarkeit" zur Charakterisierung sehr unterschiedlicher Kriterien angewendet. Je nach Versuchsanstellung wird "Verfügbarkeit" von den Autoren als Umschreibung für "Verdaulichkeit" (digestibility), "Ausschüttbarkeit zur Proteinsynthese" (utilization, retention), "Absorbierbarkeit" (absorbability), "Löslichkeit" (solubility), "Chemische Bindungszustände" (cross-linkage), "enzymatischer Frei- oder mikrobiologischer Umsatzraten" von Aminosäuren interpretiert (24). Selbst in Stoffwechselversuchen mit Schweinen wird der Begriff "Verfügbarkeit" zuweilen (170, 173) für Beobachtungen gebraucht, die nach den klassischen Definitionen eindeutig "verdaute" oder "resorbierte" Aminosäuren bezeichnen. Da die Kot-Aminosäurenanalyse eine Weiterentwicklung der klassischen Verdaulichkeitsversuche darstellt, werden in diesem Kapitel die bei der N-Bilanz festgelegten Definitionen analog auf die Aminosäuren übertragen.

4.5.2. Vergleich zwischen N- und Lysinverdaulichkeit

Die Ergebnisse der N- und Lysinausscheidung im Kot sind in Tab. 15 wiedergegeben. Eine vergleichende Darstellung mit den Resultaten anderer Autoren wird in Tab. 24 vorgenommen. Da über Hafer nur eine entsprechende Untersuchung vorliegt, wird Gerste als Vergleichsprotein mit herangezogen.

Tab. 24 Literaturvergleich zur N- und Lysinausscheidung im Kot von Schweinen

Merkmale (%)	Eigene Werte N 22 N 121	Eggum (170) Hafer Gerste	Nielsen (174) Gerste + EW	Dammers (173) Gerste	Hackl (175) Gerste	Poppe (175) Gerste
N verd.	71,5 75,4	- -	80,1	-	-	-
N resb.	83,1 85,8	76,6 82,4	-	82,9	81,7	76,9
BW	58,4 57,6	76,4 80,8	-	-	-	-
Lysin verd.	65,7 60,0	- -	81,1	-	-	-
Lysin resb.	(83,4) (81,9)	73,0 72,9	-	89,0	72,2	56,8
Lysin endogen	5,65 (g/16gN)			-	0,054 (100 g TS Verz.)	0,056 (100 g TS Verz.)

Zur Berechnung des resorbierten Lysins im eigenen Experiment, in dem keine N-frei gefütterte Vergleichsgruppe mitlief, wurde der Mittelwert des von DAMMERS (179) und POPPE u. Mitarb. (175) ermittelten DVL (Darmverlust-Lysin) $-0,055$ g je 100 g verzehrter TS - herangezogen. Da beide Autoren auf zwei gänzlich verschiedenen Wegen annähernd die gleiche Menge DVL am 25 kg schweren Schwein feststellten, erscheint der von ihnen angegebene Wert eine brauchbare Bezugsbasis. Aus der tabellarischen Übersicht läßt sich entnehmen, daß nur die Resultate für die Resorbierbarkeit des Proteins relativ gut übereinstimmen. Dagegen ergaben sich für verdauliches und resorbiertes Lysin erhebliche Diskrepanzen zwischen den Literaturergebnissen. Die hohe Lysinverdaulichkeit in dem Versuch von NIELSEN (174) beruht sicherlich zu einem wesentlichen Teil auf dem zwanzigprozentigen Anteil hochverdaulicher Eiweißträger in seinen Rationen. POPPE u. Mitarb. (175) erklären die von ihnen gefundene niedrige Lysinresorption mit einer spezifischen Eigenschaft ihrer Versuchsgerste, "die durch technische Trocknung hitzegeschädigt" erscheint. Trotz des von EGGUM (170) gefundenen, um 20 % über den eigenen Werten liegenden BW von Hafer (170, S. 38 "man kann sich über die verhältnismäßig hohe BW der Getreidearten wundern"), ergeben sich in vorliegendem Versuch höhere Prozentsätze für resorbiertes Lysin und N. Sie beruhen wahrscheinlich auf der DVN- und DVL-Korrektur, die von EGGUM nach dem Eiprotein-Vergleich, im eigenen Experiment nach Erfahrungswerten mit N-freien Rationen vorgenommen wurde.

Im Gegensatz zu NIELSEN (174) lassen sich im eigenen Experiment erhebliche Unterschiede (10-20%) in der scheinbaren Verdaulichkeit von Protein und Lysin errechnen. Diese Beobachtung unterstützt den von EGGUM (170), DAMMERS (173) und POPPE u. Mitarb. (175) mitgeteilten Befund, nach dem der Verdauungskoeffizient des Gesamtproteins ein wenig geeigneter Korrekturfaktor zur rechnerischen Ermittlung der Aminosäurenverdaulichkeit, insbesondere von Lysin, darstellt.

Die Variante N 121 zeigt eine um 10 % geringere Lysin-verdaulichkeit als die Variante N 22. Diese Beobachtung steht im Zusammenhang mit den bei der Dünndarmverdauung gefundenen Ergebnissen, bei denen diese Variante Verzögerungen in der Lysinfreisetzung aufweist.

bei der Korrektur des "scheinbar verdauten" auf das "resorbierte" Lysin und Protein läßt sich gegenüber der Verdaulichkeit eine nahezu völlige Übereinstimmung der beiden Parameter errechnen (Tab. 24). Diese Annäherung liegt in den unterschiedlichen Anteilen endogenen N und Lysins an den Gesamtausscheidungen im Kot begründet. Der DVN beträgt mit 11,20 g etwa 1/3 der Gesamtmenge Kot-N, das DVL dagegen mit 4,1 g etwa die Hälfte des Kot-Lysins (Tab. 25).

Tab. 25: Die Verdaulichkeit von proteingebundenem und freiem Lysin in den Futterrationen und der Anteil DVL an der Gesamtausscheidung im Kot

Merkmal	I	II	III	IV
Lysin ausgeschieden (g)	8.075	8.207	7.531	8.622
Diff.zw.Basal-u. Ergänzungsratio (g)	-	+0,132	-	+1,091
geb.Lysin verzehrt (g)	23,55	23,55	18,83	18,83
freies Lysin " (g)	-	38,70	-	43,42
geb.Lysin verdaut (%)	65,7	65,7	60,0	60,0
freies Lysin " (%)	-	99,7	-	97,5
endogenes Lysin (DVL) (0,055 g/100 g TS) (g)	4,125	4,125	4,125	4,125
DVL in % von Gesamt-Kot - Lys.	51,1	50,3	54,8	47,8

Die Diskrepanz zwischen den Anteilen DVN und DVL ergibt sich ihrerseits aus der hohen Lysinkonzentration im Koteiweiß (g Lysin/16 g N), (Tab. 15) die die Lysinkonzentration im

Haferproteins (Tab. 3) um etwa 25 % übertrifft. Mit Sicherheit kann dieser Konzentrationsanstieg des Kotlysins auf eine Vermischung unverdauter Futterbestandteile und Proteine endogener Herkunft zurückgeführt werden, deren Gehalt an essentiellen Aminosäuren höher ist als der in Getreideproteinen. EGGUM (170) fand eine Lysinkonzentration im Darmverluststickstoff von 5,65 g Lys./16 g N, dem das eigene Haferprotein mit 4,17 bzw. 3,33 g Lys/16 g N gegenübersteht. Von einer sehr konstanten Ausfuhr einzelner Aminosäuren im Faeces trotz großer Unterschiede in der Aufnahme berichten auch HINSBERG u. Mitarb. (180). Infolge dieser Vermischungsverhältnisse unverdauten Futterproteins und Darmverlustproteins, die beide unterschiedliche Aminosäurenmuster aufweisen, ist eine Berechnung der prozentual resorbierten Aminosäuren aus dem resorbierten N der Rechnung mit scheinbaren Verdaulichkeiten vorzuziehen, wie es auch von POPPE und Mitarb. (175) empfohlen wird.

Aus dem in Tab. 25 vorgenommenen Differenzverfahren läßt sich die Höhe der Verdaulichkeit des freien zugesetzten Lysins aus der Verdaulichkeit des Haferproteins ermitteln. Es ergibt sich daraus, daß das supplementierte Lysin zu 98 % verdaut ist, wie es auch von DAMMERS (173) gefunden wurde. Die geringe Mehrausscheidung von Lysin im Kot der Ergänzungsgruppen dürfte auf einer verstärkten Sekretion bereits resorbierten synthetischen Lysins in den Darm beruhen. Diese Möglichkeit wird auch von ROGERS (116) diskutiert, der nach Injektion radioaktiv markierter Eiweißhydrolysate eine Zunahme der C^{14} Aktivität im Kot fand, die er auf eine erhöhte C^{14} -Sekretion in den Darm zurückführte.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Zwei Haferproben niedriger (N 22 = 22 kg N/ha) und extrem hoher (N 121 = 121 kg N/ha) Stickstoffdüngung wurden im Stoffwechselversuch mit 44 männlichen wachsenden Schweinen auf die Proteinqualität und die Wirkung einer Lysinzugabe getestet. Die Futterrationen enthielten als einzigen Proteinträger Hafer, der etwa 80 % der Gesamtration betrug. Jeweils eine Grundration mit einer Hafervariante wurde mit synthetischem Lysin-HCl auf das errechnete Bruttobedarfsmuster von 0,83 % Lys. in der Ration supplementiert.

Folgende Teilfragen wurden geprüft:

- A. Die Wirkung der extremen N-Düngung auf die Eiweißqualität.

Dazu wurden die klassischen Verfahren der Eiweißanalytik und des N-Bilanzversuches, durch die Prüfung der Eiweiß-Hydrolyseprodukte im Intestinaltrakt und der Messung der Anflutung von Aminosäuren im Pfortaderblut vom Schwein erweitert.

- B. Die Freisetzungs- und Resorptionsgeschwindigkeit des proteingebundenen und freien Lysins.

- C. Die Bedeutung der ermittelten Meßwerte für die Proteinbeurteilung nach dem biologischen Verfahren.

Zur Gewinnung und Analyse des Magen-Darm-Inhaltes und zur Messung der Anflutungsintensität von Aminosäuren im Pfortaderblut vom Schwein mußten neue Methoden entwickelt werden, die es ermöglichten, den zeitlichen Ablauf der Verdauung in vivo zu verfolgen.

Dazu wurden Versuchstiergruppen in mehreren Zeitintervallen nach der Fütterung getötet, die Pfortader freigelegt und 50-100 ml Blut daraus entnommen. Zum Nachweis der Eiweißspaltprodukte im Intestinaltrakt wurde der Verdauungsbrei

segmentweise herausgespült und in lösliche und unlösliche Anteile aufgetrennt. Das Zentrifugat wurde über Sephadex-Gel-25 in die 3 Molekulargrößengruppen "lösliches Protein", "Peptide" und "freie Aminosäuren" fraktioniert. Die einzelnen Fraktionen wurden auf TS, Gesamt-N, α -Amino-N und Lysin analysiert.

A. Die Prüfung der Eiweißqualität brachte folgende Ergebnisse:

1. Die hohe N-Düngung der Variante 121 bewirkte einen Anstieg des Rohproteingehaltes von 23 %, wobei gleichzeitig der Anteil NPN/Gesamt-N von 9,3 auf 12,7 % anstieg.
2. Der Lysingehalt im Protein der stark gedüngten Probe verminderte sich um 20 % (4,17 auf 3,33 g/16 g N), der Methioningehalt stieg um 13 % (1,76 auf 2,06 g/16 g N).
3. Durch die extreme N-Gabe wird der Anteil Struktureiweiß im Haferkorn verringert, der Anteil lysinärmeren Speichereiweißes vermehrt.
4. Die Biologische Wertigkeit (N-Bilanzverfahren) ist mit 58,4 % (N 22) gegenüber 57,6 % (N 121) bei extremer N-Düngung schwach rückläufig.
5. Die chemisch analytischen Bewertungskriterien EAS-Index und Eck-EAS-Index ergeben gleichartige Tendenzen in der Qualitätsdifferenzierung der beiden Düngungsvarianten, aber z.T. absolut unterschiedliche Werte.
6. Die Lysinergänzung bewirkte bei Variante 121 eine geringe, zufallsbedingte Verbesserung der BW (58,5 %), bei Variante 22 eine signifikante Verminderung der BW um 17 % (48,5 %).
7. Das gegenteilige Verhalten der BW beider ergänzter Rationen beruht z.T. auf einem Ungleichgewicht im Lysin:Methionin:Verhältnis, z.T. auf unterschiedlichem Verdauungsablauf der Gesamtration.

B. Die Messung "Verdauungs- und Resorptionsgeschwindigkeit" der Eiweißkomponenten im Intestinaltrakt ergab:

1. In beiden Intestinalabschnitten ergibt sich für die Variante 121 eine geringere Proteolyserate als für Variante 22. Die Lysinergänzung bewirkt eine kurzfristige Beschleunigung der Verdauungsgeschwindigkeit des Eiweißes.
2. Die Änderung des Mischungsverhältnisses von Protein-, Peptid- und Aminosäurenfraktion im löslichen Dünndarm-extrakt bleibt bei allen Versuchsgruppen während der untersuchten Zeitintervalle ähnlich.
3. Aus der Lysin-Bilanzierung im Intestinaltrakt ergibt sich für die Variante 22 eine höhere Freisetzungs- und Resorptionsgeschwindigkeit des Lysins als für Variante 121. Daraus erklärt sich auch ein im Mittel um 20 % höherer Anteil makromolekularer Verbindungen im Dünndarmzentrifugat der N 121 Gruppen.

C. Die Untersuchung der Lysinresorption führte zu folgenden Beobachtungen:

1. Das zugesetzte Lysin wird wesentlich schneller freigesetzt und resorbiert als das proteingebundene. Die absolut höchste gemessene Resorptionsrate von Lysin bei der Ergänzungsration II (1982 mg/h im ersten Intervall) wirkt durch Überdosierung als auslösender Faktor einer AS-Imbalanz.
2. Die höchste Lysinkonzentration im Pfortaderplasma tritt bei allen Gruppen eine Stunde nach Futteraufnahme ein. Die Ergänzung erhöht den Lysingehalt im Plasma auf etwa das Doppelte der Basalrationen.
3. Der Lysingehalt der Grundrationen und die dadurch induzierte Lysinkonzentration im Pfortaderplasma verhalten sich proportional.
4. Die scheinbare Verdaulichkeit des Lysins der Haferproben liegt um 10-15 % unter der scheinbaren Verdaulichkeit des Gesamt-N. N 121 zeigt eine um 10 % geringere Lysinverdaulichkeit als N 22.

Aus dem Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen der Literatur läßt sich ableiten, daß

- a.) Struktureigenschaften von Haferprotein auf dem Wege über die Umsetzungsvorgänge im Intestinaltrakt, die im Tierversuch meßbare biologische Proteinqualität stark beeinflussen.
- b.) die klassischen biologischen Verfahren zur Beurteilung der Proteinqualität nicht ausreichen, um das Reaktionsvermögen der Tiere kausal zu erfassen.
- c.) der Nutzeffekt von Aminosäureergänzungen mit dem Ziel der Aufbesserung der Eiweißqualität nativer Proteine wesentlich von der Resorptionskinetik proteingebundener und ergänzter Aminosäuren abhängt.

S u m m a r y

Two samples of oats, one grown at a low nitrogen fertilization level ($N-22 = 22 \text{ kg N}/10\,000 \text{ m}^2$) and one at a high level ($N-121 \text{ kg N}/10\,000 \text{ m}^2$), were tested for their protein quality and for the effect of lysine supplementation on 44 growing male pigs (each weighing ca 25 kg) in metabolic cages. Oats, as the only protein-source of the feed-mixture, comprised about 80 % of the ration. Both basal-diets were supplemented with L-lysine-HCL to bring the total lysine level to 0,83 % per ration, a calculated requirement for growing pigs.

Following problems were investigated:

- A. The effect of extreme N-fertilization on the protein quality of oats.

(For this the classical methods of protein analysis and N-balance studies were developed in order to measure protein-hydrolysis products in the gastro-intestinal tract and amino acid concentrations in the portal blood plasma of pigs.)

- B. The rate of passage, digestion and absorption of free added and protein-bound lysine.

- C. The possible significance of these parameters in the protein evaluation with biological methods. Some new methods were developed for obtaining and analyzing samples of the gastro-intestinal-juice and measuring the intensity of amino acid absorption into the portal vein of pigs. They were developed in order to follow the rate of digestion and absorption in vivo.

At four intervals, unfed, 1,3 and 6 h after consuming the test meals, pairs of animals from each testgroup were killed, the portal vein exposed and 50-100 ml blood drawn. The contents of the stomach and the small and large intestines were washed out and centrifuged. The clear supernatant was

fractionated in a column of Sephadex-Gel G-25 into 3 calibrated molecular weights, the so called "soluble proteins", "peptides" and "free amino acids". These fractions, as well as the residues, were analyzed for DM, total-N (Kjeldahl), α -amino-nitrogen and lysine.

A. The results of the protein-evaluation procedure were:

- 1.) The high level N-fertilization (N-121) caused a significant increase in the N-content (about 23 %). At the same time the fraction of non-protein-nitrogen (NPN)/total-N increased from 9,3 % to 12,7 %.
- 2.) The lysine content of the N-121 sample decreased by about 20 % from 4,17 to 3,33 g/16 g N; the methionine content increased by about 13 % from 1,76 to 2,06 g/16 g N.
- 3.) The high N-level decreased the "structure-protein-fractions" (albumine, globuline) and increased the lysine-poorer "storage-protein-fractions" (gluteline, prolamine) of the oats.
- 4.) The biological value, BV, (N-balance technique) of the low protein oats (N-22) is a little, but not significantly higher (58,4 %) than that of the high-protein oats (57,6 %).
- 5.) The chemical methods of protein evaluation such as "EAA-index" and "limiting-EAA-index" (Eck-EAS-Index) indicate the same tendency in differences of quality, but show different absolute data, when the two oat-varieties are compared.
- 6.) The supplement of lysine on variety N-121 caused a small, incidental rise in its BV (58,5 %); on variety N-22 it depressed the BV by about 17 % to 48,5 %. This is statistically significant.
- 7.) These opposing results in the estimated BV at the two supplemented rations come partly from a lysine: methionine disproportion, partly from the different rates of digestion.

B. The investigation of the rate of digestion and absorption of oat-protein gave following results:

- 1.) There was a slower rate of proteolysis for variety N-121 than for N-22 in both stomach and small intestine. During the first interval (1h) the supplementary lysine improved the rate of protein digestion.
- 2.) The ratio of "soluble protein", "peptides" and "free amino acids" in the supernatant remains for all groups relatively constant during all the intervals.
- 3.) As in the case of proteolysis, there is a higher rate of "lysine-solubilization" and lysine absorption for the oat sample N-22 than for N-121. The observed 20 % increase of macromolecular fractions in the small intestine-supernatant by N-121 is caused by the slower rate of digestion.

C. The investigation of lysine-absorption indicated:

- 1.) The free added lysine is absorbed much more rapidly than the protein-bound amino acid. The highest rate of absorption in the first interval, 1982 mg/h, was recorded with the supplemented diet based on N-22. The developing lysine excess may cause a amino-acid-imbalance effect, reducing the nutritive value of this feed mixture.
- 2.) The highest levels of lysine in the portal blood plasma are observed 1 h after food consumption. At this point supplementation increases the levels of the amino acid added compared with the equivalent basal diet by about 100 %.
- 3.) The lysine contents of the basal diets and the resulting free-lysine level in the portal blood plasma are proportional.

- 4.) The apparent digestibility of the oat-lysine appears to be about 10 % + 15 % lower than the apparent digestibility of total-N. The lysine digestibility of sample N-121 is 10 % lower than that of N-22.

Comparing these results with data already available, it may be concluded, that:

- a.) different protein-structures of oat-protein strongly influence the measurable biological protein quality parameters by modifying the rate of food passage and proteolysis in the gastro-intestinal-tract.
- b.) The classical methods of protein evaluation are not sufficient to explain the overall causes of physiological reactions of the test animals.
- c.) The efficiency of amino acid supplementation to the nutritive value of food mixtures based on native proteins, strongly depends on the various absorption-kinetics of supplemented free and protein-bound amino acids. This still has to be investigated more thoroughly.

Literaturverzeichnis

- 1.) BRUNE, H. u. THIER, E.: Z.Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 24, 40 (1968)
- 2.) BRUNE, H.: Qual. Plant. Mater. Veg. VIII, 134 (1969)
- 3.) THIER, E.: Variabilität u. Differenzierungsvermögen junger Schweine für die biologische Bestimmung der Eiweißqualität. Diss. Ldw.Fak. Gießen 1964
- 4.) BORCHERT, E.: Die Bestimmung geringer biologischer Unterschiede im Eiweißwert mittels der Albinoratte. Diss. Ldw. Fak. Gießen 1965
- 5.) BRUNE, H., THIER, E. u. BORCHERT, E.: Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 24, 110 (1968)
- 6.) BRUNE, H. u. THIER, E.: Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 24, 49 (1968)
- 7.) AL-CHALABI, K.: Beitrag zum Einfluß von N-Düngung u. Aminosäureergänzungen auf die Eiweißqualität bei Hafer. Diss. Ldw.Fak. Gießen 1967
- 8.) BRUNE, H. u. THIER, E.: Das Wirtschaftseigene Futter 15, 1 (1969)
- 9.) BRUNE, H. u. THIER, E.: Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Qualität verschiedener Hafer-sorten u. Düngungsvarianten (I. Unters. zur biolog. Proteinqualität) unveröffentlicht, (1969)
- 10.) BRUNE, H., AL-CHALABI, K. u. THIER, E.: 22. Vortrags-tagung, Gießen. Z.Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 24, 311 (1968)
- 11.) THIER, E. u. BRUNE, H.: Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 24, 209 (1968)
- 12.) DÖRR, W.: Zur Wirkung von Glycinzulagen beim wachsenden Schwein. Diss. Ldw.Fak. Gießen (1968)
- 13.) THIER, E. u. BRUNE, H.: Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 25, 68 (1969)
- 14.) WALZ, O.P.: 24. Vortragstagung, Gießen, 1970. Z. Tier-physiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 27, 216 (1971)
- 15.) MICHAEL, G., BLUME, B. u. FAUST, H.: Z. Pflanzenernährg., Düngung, Bodenkde. 22, 106 (1961)
- 16.) PLESKOV, B.P., SEDOVA, E.B.: Jzv. Timirjazev. Sel'skochoz. Akad., Moskva 3, 80 (1968)
- 17.) PLESKOV, B.P., SEDOVA, E.V. u. BAZANOVA, V.V.: Jzv. Timir-jazev. Sel'skochoz. Acad., Moskva 6, 117 (1968)

- 18.) GEIGER, E., COURTNEY, G.W. u. GEIGER, L.E.: Arch.Biochem. Biophys. 41, 74 (1952)
- 19.) NASSET, E.S., GANAPATHY, S.N. u. GOLDSMITH, D.P.J.: J. Nutrition 81, 343 (1963)
- 20.) PERAINO, C. u. HARPER, A.E.: J.Nutrition 80, 270 (1963)
- 21.) ROLLS, B.A. u. PORTER, J.W.G.: The absorption of supplementary amino acids. Manuskript 1970, unveröffentlicht (pers. Übersendung)
- 22.) BRAUDE, R., CUTTS, I.R. MYERS, A.W. u. PORTER, J.W.G.: Abstracts of Communications Brit.Nutr.Soc. 60 A (1969)
- 23.) ARC: The Nutrient Requirements of Farm Livestock, No.3, Pigs. Londond (1967)
- 24.) BARNES, R.H. u. KWONG, E.: In: the role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed.H.N.MUNRO, Blackwell, Oxf. 41 (1964)
- 25.) TRISTRAM, G.R.: In: Techniques in Amino Acid Analysis. (Technicon Monograph) ed. Technicon Instruments Company, 61 (1966)
- 26.) SEDOVA, E.V., PLESKOV, B.P.: Izv.Timirjazev.Sel'skochoz Akad., Moskva 5, 105 (1968)
- 27.) KIMURA, F.T. u. MILLER, V.L.: Agr.a Food.Chem. 5, 216 (1957)
- 28.) MANNERS, M.J. u. KIDDER, A.E.: Brit.J. Nutr. 22, 515 (1968)
- 29.) CHANDLER, P.T.: J. Dairy Sci. 47, 1426 (1964)
- 30.) BRAUDE, R., BUTTLE, H.L., HORSZCZARUK, F. u. MEYERS, A.W.: Abstr. of Communications Brit.Nutr.Soc., 45 A (1969)
- 31.) N.I.R.D.-REPORT: Water soluble markers in the alimentary tract Shinfield-Reading S.132 (1967)
- 32.) GOLDBERG, A., GUGGENHEIM, K.: Biochem. J. 83, 129 (1962)
- 33.) GUGGENHEIM, K., HALEVY, S. u. FRIEDMANN, N.: Arch.Biochem. Biophys. 91, 6 (1960)
- 34.) ROLLS, B.A., WILLIAMS, A.P., u. PORTER, J.W.G.: Abstr. of Communications Brit.Nutr.Soc. 69 A (1969)
- 35.) DAWSON, R., HOLDSWORTH, E.S. PORTER, J.W.G.: In: The role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed.H.N.MUNRO, Blackwell, Oxf. 41 (1964)
- 36.) SCHARRER, E. u. ZUCKER, H.: Z.Tierphysiol., Tierernährerg. und Futtermittelkde. 23, 321 (1968)
- 37.) WHEELER, P. u. MORGAN, A.F.: J. Nutrition 64, 137 (1958)

- 38.) NORTHEAST REGIONAL RESEARCH PUBLICATION: Utilization of amino acids from protein (Manual) Orone, Maine (U.S.A.) Technical Bulletin 33 (1968)
- 39.) DENT, C.E. u. SCHILLING, J.A.: Biochem.J. 44, 318 (1949)
- 40.) CHRISTENSEN, H.N., FELDMAN, B.H. u. HASTINGS, A.B.: Amer. J. Physiol. 205, 255 (1963)
- 41.) KATZ, M.L. u. BERGMAN, E.N.: Amer.J.Physiol. 216, 946 (1969)
- 42.) DENTON, A.E. u. ELVEHJEM, C.A.: J. Biol. Chem. 206, 449 u. 455 (1954)
- 43.) EBER, G.: Pfortaderhochdruck und Eiweißstoffwechsel W.de Gruyter & Co, Berlin (1969)
- 44.) ARSAC, M. u. RERAT, A.: Ann. Biol. anim.Bioch.Biophys. 2, 335 (1962)
- 45.) PION, R., FAUCONNEAU, G. u. RERAT, A.: In: the role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed. H.N.MUNRO, Blackwell,Oxf.41 (1964)
- 46.) PION, R. u. RERAT, A.: C.R. Akad.Sc.Paris 264, 632 (1967)
- 47.) PION, R. u. RERAT, A.: 23. Vortragstagung, Gießen, Manuskript d.Verf. (1969)
- 48.) NIELSEN, A.J.: Digestibility of amino acids in relation to digestibility of nitrogen in bacon pigs. Thesis, Kong. Veter.-Landbohojsk.,Kopenhagen (1966)
- 49.) HAIGER, A.: Biometrische Methoden in der Tierproduktion EVL, München, Wien (1967)
- 50.) CAZENEUVE, M.P.: Nach URBACH, C., Mikrochemie 14, 321 (1933)
- 51.) SMITH, R.H.: J. Agr. Sci. 52, 72 (1959)
- 52.) SPERBER, J., HYDEN, S. u. EKMAN, J.: Kungl.Lantbr.Hogst. Annaler 20, 337 (1952)
- 53.) HYDEN, S.: Kungl.Lantbr.Hogst. Annaler 22, 139 (1956)
- 54.) ROLLS, B.A.: Pers. Mitt. (1968)
- 55.) RUBINSTEIN, H.M. u. PRYCE, J.D.: J.clin.Path. 12, 80 (1959)
- 56.) MOORE, S. u. STEIN, W.H.: J. biol. Chem. 211, 907 (1954)
- 57.) FORD, J.E.: Br. J. Nutr. 14, 485 (1960)
- 58.) FORD, J.E.: Br. J. Nutr. 16, 409 (1962)
- 59.) FORD, J.E.: Br. J. Nutr. 18, 449 (1964)
- 60.) FORD, J.E.: Br.J. Nutr. 19, 277 (1965)
- 61.) FORD, J.E. u. SALTER, D.N.: Br.J. Nutr. 20, 843 (1966)
- 62.) BURACZEWSKI, S., BURACZEWSKA, L. u. FORD, J.E.: Acta Biochem. Pol. XIV, 121 (1967)

- 63.) ZEBROWSKA, T.: Br.J.Nutr. 22, 483 (1968)
- 64.) ANDREWS, P.: Biochem. J. 91, 222 (1964)
- 65.) DETERMANN, H.: Gelchromatographie Springer, Berlin(1967)
- 66.) BIOCHEM. TASCHENBUCH: Herausg. RAUEN, H.M., 2. Auflg.
Springer, Berlin (1964)
- 67.) METHODENBUCH: Sephadex-Gelfiltration PHARMACIA, A.B.,
Uppsala (1967)
- 68.) GRANATH, K.A. u. KVIST, B.E.: J. Chromatog. 28, 69 (1967)
- 69.) MÜLLER, Z.: Biologiz. a Chemizace, V, 133 (1969)
- 70.) NAS-NRC: Evaluation of Protein Quality Publ.Nr.1100,
Washington, D.C. (1963)
- 71.) NEHRING, K.: Tierernährung Neumann, Radebeul (1963)
- 72.) LENKEIT, W.; in SCHEUNERT u. TRAUTMANN, A.: Lehrb.d.
Veterinär-Physiol. Parey, Berlin, 246(1965)
- 73.) BRUNE, H. u. BREDEHORN, H.: Z. Tierphysiol., Tierernährg.
und Futtermittelkde. 16, 214 (1961)
- 74.) CUNNINGHAM, H.M., FRIEND, D.W. u. NICHOLSON, J.W.G.:
Canad.J. Anim. Sci. 43, 215 (1963)
- 75.) GOLUBEV, G.V.: Doklady Tscha, vyp. 135, 96 (1968)
- 76.) RICHTER, K., OSLAGE, H.J., SCHILLER, K.: Das wirtschafts-
eig. Futter 8, 48, 63 (1962)
- 77.) McELROY, L.W., CLANDININ, D.R., LOBAY, W. u. FETHYB-RIDGE,
S.I.: J. Nutr. 37, 329 (1949)
- 78.) WEBER, E.B., THOMAS, I.P., REDER, R., SCHLEHUBER, A.M.
u. BENTON, D.A.: J.Agric.Food.Chem. 5, 926
(1957)
- 79.) KRISCENKO, V.P. u. KRISCENKO, E.F.: Chim.sel'sk.choz.
7, 882 (1969)
- 80.) MEIENHOFER, J.: Z.f.Lebensmittel-Unters.u.Forschung,
119, 310 (1962/63)
- 81.) SLUMP, P. u. DE GROOT, A.P.: Voeding 26, 8 (1965)
- 82.) BAKANOV, V.N. u. OVSISCHER, B.R.: Izv.Timirjazev.Sel'
skochoz. Akad.Moskva 4, 197 (1968)
- 83.) WALDSCHMITZ-LEITZ, E. u. ZWIESELER, O.: Hoppe-Seyler's
Z.f. Physiol. Chem. 332, 216 (1963)
- 84.) CARPENTER, K.J.: 5 th Colloquium in Amino Acid Analysis
Technicon Monograph 2, 39 (1967)
- 85.) BLOM, L., HENDRICKS, P., CARIS, J.: Analyt.Biochem. 21,
382 (1967)

- 86.) ROACH, A.G., SANDERSON, P., WILLIAMS, D.R.: J.Sci.Fd. Agric. 18, 274 (1967)
- 87.) MATHESON, N.A.: J. Sci. Fd. Agric. 19, 496 (1968)
- 88.) KORPACZY, J., LINDNER, K., VARGA, K.: J. Qual. Plant. et Mater. Veg. 2, IX (1968)
- 89.) TANG, J.J.N., LAUDICK, L.L., BENTON, D.A.: J.Nutr. 66, 533 (1958)
- 90.) YANG, S.P., CLARK, H.E. u. VAIL, G.E.: J. Nutr. 75, 241 (1961)
- 91.) TORMO, P.L.P.: M.S.-Thesis, Oklahoma State. Univ.(1967)
- 92.) TOMME, M.F. u. MAHAEV, E.A.: Dokl. VASCH Nil, 31, 329 (1967)
- 93.) BOWLAND: 23. Vortagstagung, Gießen, Z.Tierern., Tierphys., Futtermittelkde. 25, 363 (1969)
- 94.) UHLEMANN, H. u. PEPPE, S.: Arch.Tierern. 20, 517 (1970)
- 95.) BERGNER, H.: Arch. Tierern. 16, 1 (1966)
- 96.) JONES, J.D.: J. Nutr. 73, 107 (1961)
- 97.) HARPER, A.E.: J. Nutr. 68, 405 (1959)
- 98.) HARPER, A.E. u. ROGERS, Q.R.: Proc. Nutr. Soc. 24, 173 (1965)
- 99.) LEWIS, D.: Proc. Nutr. Soc. 24, 196 (1965)
- 100.) MUNRO, H.N.: Proc. Nutr. Soc. 24, 209 (1965)
- 101.) SAUBERLICH, H.F.: J. Nutr. 75, 61 (1961)
- 102.) WRETTLIND, K.A.J.: Acta Physiol. Scand. 17, Suppl.59(1949)
- 103.) KUMTA, U.S., HARPER, A.E. u. ELVEHJEM, C.A.: J. biol. Chem. 233, 1505 (1958)
- 104.) KUMTA, U.S. u. HARPER, A.E.: J. Nutr. 74, 139
- 105.) MUNRO, H.N.: Proc. Nutr. Soc. 28, 214 (1969)
- 106.) ELWYN, D.: In: Mammalian Protein Metabolism.Vol.4,37, New York, Acad.Press (1969)
- 107.) CUTHBERTSON, D.: ed. Nutrition of animals of agricultural importance, Perg.Press, Oxford (1969)
- 108.) HOPPER, A.F., WANNEMACHER, R.W. u. McGOVERN, P.A.: Proc.Soc. exp. Biol. Med. 228, 695 (1968)
- 109.) LYMAN, R.L., WILCOX, S.T.: J. Nutr. 79, 28 (1963)
- 110.) POSE, G., NOACK, R., FABRY, P., KETZ, H.A.: Nutrition, 8th Intern.Congress Prague, Excerpta Medica, ed. MASEK, 287, Amsterdam (1970)

- 111.) GALENUS, C.: peri dynameeoon physikoon, biblion triton
Kap.4, II.S. 157 f.K.,Hildesheim (1964)
- 112.) FISHER, R.B.: Protein Metabolism, S.1-19, Methuen,
London (1954)
- 113.) KÖHLER, R., GEBHARDT, G.: Arch.Tierern. 17, 485 (1967)
- 114.) BRAUDE, R. MITCHELL, K.G., NEWPORT, M.J., PORTLER, J.W.G.:
Nutr. 24, 501 (1970)
- 115.) BRAUDE, R., NEWPORT, M.J., PORTER, J.W.G.: J.Nutr. 25,
113 (1971)
- 116.) ROGERS, Q.R. u. HARPER, A.E.: World Review of Nutrition
and Dietetics 6, 250 S.Karger, Basel (1966)
- 117.) PERAINO, C., ROGERS, Q.R., YOSHIOA, M., CHEN, M.L. u.
HARPER, A.E.: Canad.J. Biochem.Physiol.37,
1475 (1959)
- 118.) ROGERS, Q.R., CHEN, M.L., PERAINO, C. u. HARPER, A.E.:
J.Nutr. 72, 331 (1960)
- 119.) ROGERS, Q.R. und HARPER, A.E.: In: the role of the
gastrointestinal tract in protein metabolism,
ed.H.N.MUNRO, Blackwell, Oxf.41(1964) S.3
- 120.) CHEN, M.L., ROGERS, Q.R., HARPER, A.E.: J.Nutr. 76,
235 (1962)
- 121.) KWONG, I., BARNES, R.H. u. FIALA, C.: J. Nutr. 77,
312 (1962)
- 122.) RYLE, A.P.: In: the role of the gastrointestinal tract
in protein metabolism, ed.H.N.MUNRO, S.25
- 123.) HINSBERG, K., BRUNS, F.: Hoppe-Seyler/Thierfelder,
Hdb. der physiologisch u.path.-chem.Analyse
10. Aufl. 5, 383 (1953) Springer-Verlag
- 124.) ALEKSANDROVA, R.B.: Aftoref.Kand.Diss. Moskva viz (1955)
- 125.) GEIGER, E.: Federation Proc.10, 670 (1951)
- 126.) NASSET, E.S., JUJIS.: J. Nutr. 74, 461 (1961)
- 127.) NASSET, E.S.: In: the role of the gastrointestinal tract
in protein metabolism, ed. H.N. MUNRO, S.83
- 128.) TWOMBLY, J. u. MEYER, J.H.: J. Nutr. 74, 753 (1961)
- 129.) SNOOK, J.T. u. MEYER, J.H.: J.Nutr. 82, 409 (1964)
- 130.) SNOOK, J.T.u. MEYER, J.H.: In: the role of the gastro-
intestinal tract in protein metabolism,
ed. MUNRO, H.N., S. 97
- 131.) SINESCENKO, A.D.: Biologija pitanja s-ch.zivotnych,
Moskva (1965)

- 132.) BADAWEY, A.M.: In: the role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed. H.N. MUNRO, S. 175
- 133.) FRANCOIS, A.C. u. MICHEL, M.: In: the role of the gastrointestinal tract on protein metabolism, ed. H.N. MUNRO, S. 239
- 134.) MICHEL, M.: Ann. Biol. Anim. 1, 16 (1961)
- 135.) LARSON, N.L. u. HILL, E.G.: J. Bact. 80, 188 (1960)
- 136.) WARREN, K. u. NEWTON, W.L.: Am. J. Physiol. 197, 717 (1959)
- 137.) FRANCOIS, A.C. u. MICHEL, M.: Ann. Nutr. 10, 96 (1958)
- 138.) PORATH, J.: Biochim. Biophys. Acta 39, 193 (1960)
- 139.) FAZAKERLEY, S. u. BEST, D.R.: Analytical Biochem. 12, 290 (1965)
- 140.) STEGMANN, H. u. LOESCHKE, V.: Z. f. Naturforschung 18b, 195 (1963)
- 141.) SALTER, D.N. u. COATES, M.E.: The influence of the gut microflora on the digestion of protein in chicks, Manuskript, 8. intern. Nutr. Congr. Prag (1969)
- 142.) GITLER, C. u. MARTINEZ-ROJAS, D.: In: the role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed. H.N. MUNRO, S. 269
- 143.) GITLER, C.: Diskussionsbeitrag In: the role of the gastrointestinal tract on protein metabolism, ed. H.N. MUNRO, S. 113
- 144.) DI BELLA, S.: Experientia, 16, 367 (1960)
- 145.) SISOVA, O.A., KLEMINA, E.A. u. KASATOCKIN, V.I.: Fiziol. Z. SSR. Secenova 49, 146 (1963)
- 146.) SMYTH, D.H. In: the role of the gastrointestinal tract in protein metabolism, ed. H. MUNRO, S. 283
- 147.) BILLAH, A.M., BAKER, D.H., HARMON, B.G., JENSEN, A.H.: J. Anim. Sci. 27, 1774 (1968)
- 148.) KÜHLER, R. u. GEBHARDT, G.: Arch. f. Tierern. 18, 458 (1968)
- 149.) GEBHARDT, G.: Die Bewertung des Futtereiweißes nach dem N-Bilanzverfahren an wachsenden Tieren. Habil. Ldw. Fak. Halle-Wittenberg (1963)
- 150.) CROMWELL, G.L., PICKERT, R.A., CLINE, T.R. u. BEESON, W.H.: J. Anim. Sci. 28, 470 (1969)
- 151.) KLEIN, R.G., BEESON, W.H., CLINE, T.R. u. MERTZ, E.T.: J. Anim. Sci. 32, 256 (1971)
- 152.) MERTZ, E.T.: Proc. 18th Ann. Hybrid Corn-Res. Ind. Conf. Publ. No. 18, 1
- 153.) BERGEN, W.G. u. PURSER, D.B.: J. Nutr. 95, 333 (1968)

- 154.) CREMER, H.D. u. FÜHR, J.: Hoppe-Seyler-Thierfelder, Hdb.d. physiol. u. path.chem.Analyse 10. Aufl. 5, 457, Springer-Verlag (1953)
- 155.) Mc LAUGHLAN, J.M., NOEL, F.J., MORRISON, A.B. u. CAMPBELL, J.A.: Can.J.Biochem.Physiol. 39, 1669 (1961)
- 156.) GANAPATHY, S.N. u. NASSET, E.S.: J.Nutr. 78, 241 (1962)
- 157.) GRAY, J.A., OLSEN, E.M., HILL, D.C., BRANION, H.D.: Can.J. Biochem.Physiol. 38, 435 (1960)
- 158.) ZIEMLAŃSKI, S., CIESŁAKOWA, D., PALASCEWSKA, M.: Bulletin de L'academie polonaise des sciences, Ser.des sci. biologiques Cl.II, Vol.XVIII, 10, 649 (1970)
- 159.) CUNNINGHAM, H.M. z. FRIEND, D.W.: J.Anim.Sci. 24, 41 (1965)
- 160.) RIJS, P.M.: Beretning fra Sterilitetsinstitutet, S.17, Kopenhagen (1957)
- 161.) CHRISTENSEN, H.N.: Biochem.J. 44, 333 (1949)
- 162.) PION, R. u. RERAT, A.: Z. Tierphysiol. Tierern. Futtermittelkde. 25, 363 (1969)
- 163.) ERBESDÖBLER, H., DÜMMER, H. u. ZUCKER, H.: Z.Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde. 24, 136 (1968)
- 164.) SCHARRER, E. u. ZUCKER, H.: Z. Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde. 23, 321 (1967/68)
- 165.) BRAUDE, R., MITCHELL, K.G., MYRES, A.W., PORTER, J.W.G., WILLIAMS, A.P.: Abstracts of Communications Proc. Nutr. Soc. 40 A (1969)
- 166.) DEAN, W.F. u. SCOTT, H.M.: J. Nutr. 88, 75 (1966)
- 167.) STOCKLAND, W.L., MEADE, R.J. u. NORDSTROM, J.W.: J. Anim. Sci. 31, 1142 (1970)
- 168.) WINDELS, H.F., MEADE, R.J., NORDSTROM, J.W. u. STOCKLAND, W.L.: J. Anim. Sci. 32, 268 (1971)
- 169.) STOCKLAND, W.L., MEADE, R.J. u. NORDSTROM, J.W.: J. Anim. Sci. 32, 262 (1971)
- 170.) EGGUM, B.O.: Z. Tierphysiol. Tierern. Futtermittelkde. 22, 32 (1966/67)
- 171.) KRYSCIĄK, J., OSTROWSKI, H. u. RYS, R.: Acta Biochem. Polonica XIII, 229 (1966)
- 172.) Mc LAUGHLAN, J.M., NOEL, F. MORRISON, A.B., CAMPBELL, J.A.: Can.J. Biochem.Physiol. 41, 191 (1963)
- 173.) DAMMERS, J.: Z. Tierphysiol. Tierern. u. Futtermittelkde. 22, 64 (1960)

- 174.) NIELSEN, A.J.: Kongl. Veter. Landbohøegsk.Arsskr.
København, S.79 (1968)
- 175.) POPPE, S., MEIER, H. u. WIESEMÜLLER, W.: Arch.Tierern.
20, 557-582 (1970)
- 176.) THIER, E.: Kraftfutter,6, 278 (1967)
- 177.) KUIKEN, K.A. u. LYMANN, L.M.: J. Nutr. 36, 359 (1948)
- 178.) CARPENTER, K.J. u. ELLINGER, J.M.: Biochem. 61,
XI-XII (1955)
- 179.) DAMMERS, J.: Verteringsstudies bij het varken.
Factoren van invloed op de vertering
der voedercomponenten en de verteer-
baarheid der aminozuren.
Diss. Leuven, Hoorn (1964)
- 180.) HINSBERG, K., CREMER, H.D., SCHMID, G.: In: Hoppe-
Seyler/Thierfelder Hdb.d.phys.u.chem.
path. Anal. 10.Aufl. 5.Bd.401,
Springer (1953)

Tab.: A, 1 a

Aminosäuremischung zur Bestimmung von Lysin und Methionin
(Strept.Zymogenes od. Durans)
(g,mg/1000 ml)

L-Glutaminsäure	4 g
L-Alanin	2 g
L-Leucin	2 g
L-Isoleucin	2 g
L-Valin	2 g
+L-Lysin	2 g
L-Asparaginsäure	2 g
L-Arginin	800 mg
L-Glycin	800 mg
L-Serin	800 mg
L-Tyrosin	800 mg
L-Prolin	800 mg
L-Histidin	800 mg
L-Phenylalanin	800 mg
L-Threonin	800 mg
L-Tryptophan	800 mg
L-Cystin	800 mg
+L-Methionin	800 mg
++DL-5-Hydroxylysin-HCl	50 mg

Mit aqua dest auf 1000 ml auffüllen,

pH Einstellung auf 7,2

+ Die zu bestimmende Aminosäure wird ausgelassen.

++ DL-5-Hydroxylysin-HCl nur bei Lysinbestimmung.

Tab.: A 1 b

Die Zusammensetzung des BASAL MEDIUM für den Aminosäurentest
(Streptococcus Zymogenes und durans)

Glucose (Zymogenes)	60 g
Saccharose (durans)	60 g
K ₂ HPO ₄	90 g
Zitronensäure	2,5 g
Ascorbinsäure	2,5 g
Natriumacetat (x 3 H ₂ O)	12,5 g
Tween 80	5 ml
Mineralsalzlösung* ¹	50 ml
Adeninsulfat	50 mg
Guanin	50 mg
Uracil	50 mg
Xanthin	50 mg
Thiamin (B ₂)	10 mg
Pyridoxal (B ₆)	10 mg
Riboflavin	10 mg
Nicotinsäure	10 mg
Ca-Pantothenat	10 mg
p-Aminobenzoessäure	10 mg
Folsäure	1 mg
Biotin	50 µg
Vitamin B ₁₂	10 µg

pH 7,2 einstellen und mit aqua dest auf 1000 ml auffüllen

*¹ Mineralsalzlösung: in 1 l aqua dest

MgCl₂ · 6 H₂O 20 g; CaCl₂ 5 g; FeCl₃ · 6 H₂O 0,5 g;
ZnSO₄ · 7 H₂O 0,5 g; MnSO₄ · 4 H₂O 0,25 g; CoCl₂ · 6 H₂O 0,25 g;
CuSO₄ · 5 H₂O 0,25 g; VOSO₄ 0,25 g; Na₂MoO₄ 0,25 g,
genug 1 n H₂SO₄ zum aufklaren.

Nährmedien für die Bakterienkulturen

I. Streptococcus durans:

a) Nährmedium:

AS-Mischung (entspr. Zymogenes)	50 ml
Basal-Medium (")	100 ml

pH 7,2 in 500 ml aqua dest.

b) Nähragar:

Trypton (Oxoid)	10 g	Salz A: K_2HPO_4	25 g
Glucose	10 g	KH_2PO_4	25 g
Hefeextrakt (Difco)	20 g	auf 250 ml	
K_2HPO_4	2 g	Salz B: $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$	10 g
$CaCO_3$	3 g	$MnSO_4 \cdot 4 H_2O$	0,5 g
Leberextrakt (Oxoid)	1 g	$FeCl_3$	0,1 g
Agar	15 g	auf 250 ml	

pH 6,8-7,0, auf 1000 ml aqua dest.

II. Strept. zymogenes:

a) Transfer-Medium:

Basal-Medium	100 ml
Trypton	1 g

pH 7,2 auf 500 ml

b) Impf-Medium:

Basal-Medium	100 ml
Casein (Labco, Vit. frei)	750 mg
Natriumglutamat	15 mg

pH 7,2 auf 500 ml

c) Nähragar:

Impf-Medium
+ 1,5 % Agar

Tab:A,2a

Gewichtsentwicklung, Wasseraufnahme und Harnausscheidung
der Versuchstiere während der Hauptperiode
(Versuch 1)

I N 22

Tier Nr.	Gewicht kg Vers. Beg.	Gewicht kg Vers. Ende	tägl. Zun.(g)	Wasser Aufn.(l)	Harn kg
1	22,7	24,3	160	18,5	11,72
2	20,8	22,6	180	20,5	13,97
3	20,0	21,3	130	12,5	4,39
4	20,0	20,7	70	19,5	7,43
5	18,7	20,0	130	22,0	13,09
6	19,4	20,6	120	19,0	9,12
7	17,9	18,4	50	25,0	21,38
8	20,3	21,4	110	13,0	9,80
$\bar{x}$	20,0	21,2	119	18,8	11,46

II N 22+Lysin

9	23,6	24,8	120	19,0	12,00
10	20,9	21,8	90	26,0	23,85
11	20,0	20,1	10	25,0	22,31
12	20,1	20,8	70	28,0	14,00
13	20,0	20,5	50	19,5	8,44
14	18,6	18,9	30	20,0	9,66
15	18,7	19,8	110	20,5	11,43
16	18,8	18,8	00	19,5	8,37
$\bar{x}$	20,1	20,7	60	22,2	13,76

Tab:A2,b

III N 121

Tier Nr.	Gewicht kg Vers. Beg.	Gewicht kg Vers. Ende	tägl. Zun.(g)	Wasser Aufn.(l)	Harn kg
17	23,6	24,8	60	19,0	12,00
18	23,4	25,0	160	17,0	8,75
19	20,6	21,7	110	27,5	24,28
20	19,1	20,0	90	31,5	28,61
21	20,2	21,2	100	17,5	5,30
22	18,6	19,7	110	23,0	16,59
23	18,4	19,7	130	25,5	15,76
24	18,7	20,0	130	19,0	12,79
$\bar{x}$	20,0	21,1	111	22,6	15,66

IV N 121+Lysin

25	22,1	24,0	190	25,5	15,76
26	21,5	23,1	160	19,0	12,79
27	21,0	22,0	100	20,0	9,70
28	20,3	21,3	100	23,0	16,11
29	19,4	20,6	120	23,5	15,01
30	19,1	20,1	100	25,0	25,31
31	19,0	20,6	160	18,0	7,98
32	18,5	20,0	150	20,5	12,19
$\bar{x}$	20,1	21,5	135	21,8	14,35

Tab:A2,c

Gewichtsentwicklung, Wasseraufnahme und Harnausscheidung
der Versuchstiere während der Hauptperiode
(Versuch 2)

I N 22

Tier Nr.	Gewicht kg Vers. Beg.	Gewicht kg Vers. Ende	tägl. Zun.(g)	Wasser + Aufn.(l)	Harn kg
1	23,7	25,0	130	28,0	27,29
2	20,1	21,6	150	27,0	28,40
3	19,8	21,2	140	26,0	-
4	17,9	19,2	130	18,0	15,20
5	15,5	17,2	170	18,0	6,93
6	17,1	18,9	180	18,0	10,41
$\bar{x}$	19,0	20,5	150	22,5	17,70

II N 22+Lysin

7	25,7	27,2	150	26,0	15,64
8	20,0	21,6	160	18,0	6,15
9	19,7	21,3	160	18,0	6,65
10	18,3	19,4	110	16,0	8,59
11	14,3	15,8	150	15,0	5,70
12	15,6	17,3	170	22,0	12,16
$\bar{x}$	18,9	20,4	150	19,2	9,20

+ Wasseraufnahme ohne Berücksichtigung der zum Anmischen des
Futters benötigte Menge (ca 6 kg)

Tabelle: A 3,a

Die biologische Proteinqualität der Hafervarianten
(Versuch 1)

Aufnahme 10 g N T/Tg; Versuchsdauer 10 Tage

N₂₂

Tier Nr.	Ges.N-Aussch. in g	N-verd. in %	N-resb. in %	Harn N in %	BW. %
1	79,65	75,3	86,9	54,9	52,02
2	73,63	71,2	82,8	44,8	61,08
3	74,90	71,5	83,1	47,0	58,44
4	78,02	71,8	85,4	48,8	56,05
5	79,72	66,9	78,6	46,6	55,72
6	71,34	69,2	80,9	40,6	64,16
7	63,36	77,8	89,5	46,2	64,97
8	78,57	68,3	79,9	46,9	55,07
$\bar{x}$	74,90	71,5	83,1	47,0	58,44
s		3,36	3,60	4,00	4,50
v %		4,7	4,3	8,5	7,7

N₂₂ + Lysin

9	87,15	72,9	85,5	60,0	44,28
10	65,47	78,5	90,1	43,9	64,87
11	89,10	67,8	79,5	56,9	43,02
12	87,75	71,7	83,3	59,4	42,97
13	88,56	72,4	84,0	61,0	41,47
14	85,61	62,8	74,4	48,3	49,98
15	81,28	72,8	84,4	54,1	49,61
16	82,88	65,2	76,8	48,0	51,92
$\bar{x}$	83,47	70,5	82,3	54,0	48,51
s		4,99	5,07	6,46	7,67
v %		7,1	6,2	12,0	15,8

Tabelle: A 3,b

N 121

Tier Nr.	Ges.N-Aussch. in g	N-verd. in %	N-resb. in %	Harn N in %	BW %
17	79,51	68,6	80,2	48,1	55,28
18	73,98	80,9	92,6	53,9	55,19
19	76,51	77,0	88,6	53,5	53,43
20	68,46	74,6	86,3	43,1	63,49
21	75,10	71,5	83,1	46,6	58,46
22	78,59	70,0	81,7	48,6	54,51
23	70,05	73,1	84,8	43,2	62,60
24	72,01	77,2	38,9	49,2	57,64
$\bar{x}$	74,28	75,4	85,8	48,3	57,58
s		4,34	4,14	4,08	3,72
v %		5,9	4,8	8,4	6,4

N 121 + Lysin

25	79,89	72,3	83,9	52,2	53,45
26	77,78	73,9	85,6	51,7	54,47
27	86,04	65,9	77,6	51,9	48,93
28	85,00	72,1	83,7	57,9	46,26
29	63,91	71,1	82,7	35,0	72,00
30	69,63	71,7	83,3	41,3	64,43
31	67,60	70,1	81,8	37,7	68,31
32	75,34	68,5	80,1	43,8	59,78
$\bar{x}$	75,65	70,7	82,3	46,3	58,45
s		2,71	2,50	7,97	9,24
v %		3,8	3,0	17,2	15,8

Tabelle: A 3,c

Die biologische Proteinqualität der Hafervariante N₂₂

(Versuch 2)

Aufnahme 10 g N T/Tg; Versuchsdauer 10 Tage

N₂₂

Tier	Ges.N-Aussch.	N-verd.	N-resb.	Harn-N	BW.
Nr.		%	%	%	
1	76,68	69,1	80,7	45,8	59,99
2	81,76	65,6	77,3	47,4	54,48
4	66,14	75,1	86,7	41,2	65,47
5	73,74	68,8	80,4	42,5	60,15
6	77,84	68,4	80,0	46,2	54,74
$\bar{x}$	74,63	69,4	81,0	44,6	58,97
s		3,47	3,48	2,60	4,60
v %		5,0	4,3	5,8	7,8

N₂₂ + Lysin

7	78,45	73,1	84,7	51,5	56,06
8	68,98	82,2	93,8	51,2	58,47
9	69,34	72,2	83,9	41,6	64,85
10	91,85	69,4	81,0	61,2	38,45
11	71,25	75,1	86,8	46,4	57,96
12	75,05	73,7	85,3	48,7	55,38
$\bar{x}$	75,82	74,3	85,9	50,1	55,20
s		4,33	4,33	6,57	8,86
v %		5,8	5,0	13,1	16,1

Tab.: A 4a

Der TS und N Gehalt im Magen und Dünndarm 24,1,3 und 6 h nach Fütterung
(Futteraufnahme 453 g TS, 6,03 N; in Klammern in % der Verzehrsmenge)

I.

Tier Nr.	Magen/g TS		Magen/g N		Dünndarm/g TS		Dünndarm/g N	
	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat
2	0,581	1,360	0,010	0,035	a 0,271	4,925	0,013	0,546
8	0,876	1,372	0,024	0,004	b 0,540	3,890	0,043	0,289
3	263,023 (59)	30,380 (6,7)	2,908 (48)	1,095 (18)	a 21,375	23,135	0,112	0,519
4	323,590 (71)	30,836 (6,8)	3,167 (52)	1,007 (16)	b 9,331	13,627	0,129	0,481
6	217,267 (48)	16,409 (3,6)	1,268 (21)	0,668 (11)	a 8,629	15,906	0,062	0,328
7	221,320 (49)	18,717 (4,1)	1,417 (23)	0,695 (11)	b 27,594	24,265	0,326	0,444
1	171,200 (37)	5,589 (1,2)	1,094 (18)	0,215 (3,5)	a 19,933	22,575	0,091	0,447
5	189,500 (41)	9,125 (2,0)	1,445 (24)	0,430 (7,1)	b 18,668	27,030	0,260	0,620
					a 1,249	6,025	0,015	0,501
					b 28,075	19,560	0,290	0,791
					a 8,340	12,124	0,090	0,644
					b 17,061	9,864	0,162	0,338

Tab.: A 4b

II.

Tier Nr.	Magen/g TS		Magen/g N		Dünndarm/g TS		Dünndarm/g N	
	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat
10	18,856	2,904	0,092	0,075	a 2,940	4,554	0,018	0,295
16	1,187	1,802	0,014	0,034	b 5,493	3,938	0,015	0,228
					a 0,014	4,109	0,003	0,180
9	309,116 (69)	10,609 (2,4)	2,955 (45)	0,365 (5,6)	b 1,305	5,819	0,019	0,297
					a 4,117	27,400	0,046	0,622
11	302,607 (67)	27,808 (6,1)	2,708 (42)	0,991 (15,2)	b 16,433	10,426	0,126	0,396
					a 57,400	27,182	0,240	0,471
14	218,777 (49)	21,150 (4,7)	2,114 (32)	0,393 (12,7)	b 7,452	13,931	0,156	0,594
					a 13,026	19,069	0,147	0,329
15	231,600 (51)	16,550 (3,7)	2,272 (35)	0,473 (12,0)	b 25,954	12,600	0,289	0,208
					a 4,157	5,579	0,015	0,143
12	210,122 (47)	8,081 (1,8)	0,899 (14)	0,409 (6,2)	b 31,274	25,186	0,359	0,593
					a 5,638	8,241	0,009	0,268
13	200,109 (45)	7,902 (1,8)	1,284 (20)	0,324 (5,0)	b 16,622	14,321	0,270	0,581
					a 1,901	2,772	0,024	0,096
					b 20,416	20,670	0,278	0,511

Tab.: A 4c

III.

Tier Nr.	Magen/g TS		Magen/g N		Dünndarm/g TS		Dünndarm/g N	
	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat
17	11,782	1,224	0,101	0,043	a 1,622	3,065	0,013	0,185
					b 3,149	3,878	0,050	0,212
20	22,298	1,463	0,079	0,069	a 0,082	0,860	0,005	0,052
					b 0,335	3,843	0,011	0,184
19	325,611 (78)	30,396 (6,8)	3,742 (52)	1,202 (20)	a 7,822	7,127	0,081	0,183
					b 20,661	15,710	0,181	0,328
23	315,169 (70)	35,948 (8,0)	3,130 (52)	1,254 (21)	a 29,331	29,001	0,279	0,462
					b 7,749	7,186	0,089	0,320
21	203,951 (45)	11,935 (2,7)	1,607 (27)	0,509 (8,4)	a 8,834	4,163	0,033	0,130
					b 31,639	51,018	0,208	0,892
22	236,300 (53)	24,408 (5,4)	2,300 (38)	0,754 (12)	a 17,300	17,922	0,209	0,383
					b 17,913	12,872	0,244	0,286
18	120,893 (27)	5,365 (1,2)	0,706 (12)	0,271 (4,5)	a 12,946	13,038	0,055	0,351
					b 19,801	3,809	0,297	0,272
24	125,873 (28)	5,908 (1,3)	1,062 (18)	0,341 (5,6)	a 10,050	18,287	0,126	0,468
					b 22,862	16,266	0,451	0,379

Tab.: A 4d

IV,

Tier Nr.	Magen/g TS		Magen/g N		Dünndarm/g TS		Dünndarm/g N	
	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat	Sediment	Zentrifugat
25	0,683	0,845	0,009	0,026	a 0,147	1,294	0,011	0,091
					b 0,736	5,481	0,053	0,440
30	1,873	1,416	0,032	0,021	a 0,178	1,150	0,016	0,072
					b 0,499	3,617	0,026	0,211
26	256,575	25,830	2,502	1,104	a 9,115	5,937	0,156	0,259
	(57)	(5,7)	(38)	(17)	b 28,906	31,730	0,393	1,301
28	280,573	38,178	3,143	1,531	a 14,190	17,809	0,199	0,487
	(62)	(8,4)	(48)	(23)	b 32,228	20,217	0,194	0,514
27	230,337	18,873	2,313	0,867	a 32,750	22,454	0,444	0,431
	(51)	(4,2)	(35)	(13)	b 27,847	30,797	0,474	0,553
31	219,268	24,260	2,069	1,102	a 7,056	9,789	0,081	0,173
	(49)	(5,4)	(31)	(17)	b 20,670	21,215	0,274	0,346
29	113,886	5,143	0,893	0,238	a 1,502	2,939	--	0,156
	(25)	(1,1)	(14)	(3,6)	b 19,707	19,588	0,247	0,637
32	156,663	6,146	0,999	0,320	a 2,503	6,297	0,030	0,245
	(35)	(1,4)	(15)	(4,8)	b 14,749	4,789	0,181	0,133

Tab.: A 5,a

Der Gehalt an α -Amino-N im Magen

I.

Std.	Tier Nr.	Sediment mg α -N	Zentrifugat mg α -N	Summe mg α -N	% von Ges.N (CF=1,064)
24	2	9,9	38,9	48,8	--
	8	32,6	5,0	37,6	--
1	3	2371,2	641,9	3013,1	80,1
	4	2695,1	697,2	3392,3	86,5
3	6	1163,3	400,3	1563,6	85,9
	7	1444,2	510,6	1954,8	98,5
6	5	847,3	316,2	1163,5	80,7
	1	1119,4	142,7	1262,2	93,7

II.

24	10	66,3	34,9	131,2	--
	16	20,8	27,7	48,5	--
1	9	2529,9	300,9	2830,9	90,8
	11	2429,6	529,3	2958,8	85,1
3	14	1941,9	572,4	2514,2	90,9
	15	1643,9	521,2	2173,4	75,7
6	12	820,4	272,7	1093,0	88,9
	13	1079,8	234,3	1304,2	80,3

Tab.: A 5, b

III.

Std.	Tier Nr.	Sediment mg α -N	Zentrifugat mg α -N	Summe mg α -N	% von Ges.N (CF=1,064)
24	17	82,9	33,9	116,8	--
	20	108,5	42,4	150,9	--
1	19	2790,3	855,9	3646,2	78,5
	23	2568,1	820,6	3388,7	82,2
3	21	1539,9	341,4	1881,4	94,6
	22	1886,5	514,1	2400,7	83,6
6	18	575,3	188,0	763,4	83,1
	24	849,7	208,2	1058,9	80,3

IV.

24	25	10,9	20,2	31,1	--
	30	50,4	23,9	74,2	--
1	26	1989,8	657,9	2647,8	78,1
	28	1990,0	979,9	2969,9	67,6
3	27	1709,3	485,1	2194,4	73,2
	31	1623,6	755,0	2378,6	79,8
6	29	796,2	165,0	961,2	90,4
	32	804,8	222,5	1027,3	82,9

Tab.: A 6,2

Der Gehalt von α -Amino-N in den Darmfraktionen

I.

Tier Nr.	mg α -N	Zentrifugat			Sediment mg α -N Ges.
		% Prot.	% Pept.	% AS	
2 a	181,7	10,58	7,19	82,2	7,5
b	110,8	30,47	5,56	64,2	21,8
8 a	129,3	12,14	2,28	85,6	17,5
b	185,2	22,94	2,49	74,6	23,9
3 a	271,9	16,04	14,23	69,7	92,5
b	247,1	10,36	6,54	83,1	131,5
4 a	139,6	13,13	14,42	72,4	69,7
b	126,6	12,26	12,16	75,6	57,0
6 a	99,9	15,12	18,24	66,6	56,0
b	132,5	31,07	16,50	52,9	169,2
7 a	203,0	22,79	16,74	60,5	105,9
b	315,2	21,84	21,84	56,3	208,2
5 a	242,0	16,60	10,50	72,9	72,0
b	443,2	27,55	22,32	50,3	131,1
1 a	158,3	11,45	13,85	74,7	9,6
b	188,0	12,86	8,25	78,9	174,1

II.

10 a	164,7	11,06	2,92	86,0	24,4
b	118,8	31,42	4,71	63,9	28,8
16 a	67,7	17,55	7,01	75,4	2,0
b	182,6	17,18	2,79	80,0	6,2
9 a	333,1	18,77	9,98	71,3	41,7
b	107,6	6,40	11,42	82,2	150,4
11 a	242,9	15,91	13,72	70,4	244,1
b	338,1	23,66	10,27	66,1	115,4
14 a	201,1	13,42	13,50	73,1	121,2
b	87,3	15,15	34,17	50,7	197,0
15 a	106,8	8,24	8,57	83,8	10,5
b	273,5	39,90	15,09	45,0	325,6
12 a	114,7	13,55	10,69	75,8	--
b	258,9	16,59	16,71	66,7	248,3
13 a	41,2	13,59	11,65	74,8	15,8
b	266,5	24,93	14,82	60,7	195,0

Tab.:A 6,b

III.

Tier Nr.	mg α -N	Zentrifugat			Sediment mg α -N ges.
		% Prot.	% Pept.	% AS	
17 a	101,2	10,71	3,73	85,6	12,8
b	123,9	25,71	4,17	70,1	34,0
20 a	20,1	10,25	6,46	83,3	7,9
b	106,3	19,20	5,34	75,5	--
19 a	74,9	12,45	16,31	71,2	69,2
b	71,9	21,12	17,24	61,6	194,7
23 a	218,1	12,39	15,71	71,9	227,0
b	155,9	5,44	8,27	86,3	65,2
21 a	67,5	10,76	11,14	78,1	19,1
b	220,6	9,21	17,95	72,8	388,4
22 a	137,3	16,75	19,35	63,9	182,6
b	148,8	39,29	16,65	44,1	130,3
18 a	239,0	15,04	13,26	71,7	63,6
b	149,2	29,50	11,73	58,8	244,9
24 a	165,3	18,38	15,75	65,9	72,6
b	208,3	13,48	13,76	72,8	206,9

IV.

25 a	46,9	14,29	2,83	82,9	--
b	231,8	21,48	3,30	75,3	34,7
30 a	35,9	15,63	9,31	75,1	14,8
b	110,1	27,01	8,27	64,7	22,6
26 a	139,6	12,84	10,25	76,9	100,7
b	504,4	20,12	11,02	68,9	291,3
28 a	161,7	11,47	12,20	76,3	145,6
b	262,9	17,85	8,81	73,3	148,4
27 a	185,8	12,97	14,17	72,9	289,7
b	266,2	19,43	22,53	58,1	369,5
31 a	75,5	12,94	18,14	68,9	60,5
b	101,9	28,11	6,75	65,1	257,8
29 a	83,9	14,87	9,11	76,0	117,1
b	329,8	11,96	11,13	76,9	272,0
32 a	108,9	9,08	11,75	79,1	20,6
b	78,3	23,05	16,56	60,4	112,8

Der Lysingehalt des Mageninhaltes
(Einzelwerte)

I. Gruppe

Tier Nr.	Zeit n. Fütterg. (h)	Sediment		% von v *	Zentrifugat		Summe	
		g/16 g N	mg		g/16 g N	mg	% von v	mg
2	24	6,40	3,92	--	9,60	21,20	--	25,12
8	24	8,65	12,81	--	11,20	2,73	--	15,54
3	1	3,14	569,74	36,40	3,43	234,50	14,98	804,24
4	1	4,48	886,84	56,68	6,40	402,76	25,74	1289,60
6	3	5,60	204,51	13,07	4,85	202,49	12,94	407,00
7	3	5,58	494,20	31,58	5,25	227,95	14,57	722,25
5	6	3,67	331,90	21,21	5,87	157,96	10,09	499,86
1	6	5,43	371,07	23,71	4,99	67,02	4,28	439,09
								27,99

II. Gruppe

10	24	4,61	26,42	--	10,00	46,56	--	72,98
16	24	17,41	14,80	--	6,65	13,92	--	28,72
9	1	6,53	1205,52	29,05	33,30	758,82	18,28	1964,34
11	1	5,29	897,50	21,62	15,12	935,55	22,54	1833,05
14	3	5,63	744,27	17,93	6,78	352,22	8,49	1116,49
15	3	5,76	817,92	19,71	13,00	638,63	15,39	1456,55
12	6	5,76	323,75	7,80	6,78	173,31	4,18	497,06
13	6	7,17	575,19	13,86	9,22	186,47	4,49	761,66
								18,35
								(1,75)
								(0,69)
								47,33
								44,16
								26,44
								35,10
								11,98
								18,35

* Lysinverzehr (v) Der Versuchstiere: I. 1565,0 mg, II. 4150,0 mg

III. Gruppe

Tier Nr.	Zeit n. Fütterg. (h)	Sediment		% von v *	Zentrifugat		Summe	
		g/16 g N	mg	% von v *	g/16 gN	mg	mg	% von v
17	24	6,21	38,99	--	2,75	7,31	46,30	(3,69)
20	24	7,36	33,09	--	5,63	24,21	57,30	(4,57)
19	1	3,62	846,54	67,45	3,14	235,49	1082,03	86,22
23	1	3,87	757,13	60,33	5,06	396,61	1153,74	91,93
21	3	3,97	398,59	31,76	4,86	154,64	553,23	44,08
22	3	4,10	588,67	46,91	4,54	214,16	802,83	63,97
18	6	4,13	128,31	14,53	4,99	84,52	266,83	21,20
24	6	5,50	365,26	29,10	5,60	119,39	484,65	38,61

IV. Gruppe

25	24	8,58	4,56	--	2,24	3,65	8,21	(0,20)
30	24	21,63	46,92	--	9,72	12,94	59,86	(1,44)
26	1	6,53	1020,94	24,60	21,60	1455,64	2476,58	59,68
28	1	6,27	1232,21	29,69	19,80	1894,49	3126,70	75,34
27	3	5,12	740,22	17,84	17,50	948,50	1688,72	40,70
31	3	4,26	551,24	13,28	8,83	608,52	1159,76	27,94
29	6	4,48	249,90	6,02	6,33	94,26	344,16	8,29
32	6	3,97	247,85	5,97	6,27	125,24	373,09	8,99

* Lysinverzehr der Versuchstiere: III. 1255,0mg Grunddiät

IV. 4150,0mg (1255,0 Grunddiät, 2585,0 synth. Lysin)

Die Verteilung von Lysin in den Darmfraktionen

I) h	Tier	Fr.	a) Zentrifugat			Prot. (%)	Pept. (%)	AS (%)	g/16gN	g/16gN	b) Sediment	
			mg/5 ml	mg/Ges. Frakt.	mg/Ges. Frakt.						g/16gN	mg/Ges. Frakt.
0	2	a	6.845	94.606	4.59	4.59	4.46	90.95	4.381	6.53	15.469	
		b	6.668	76.949	11.25	11.25	3.00	85.75	4.267	3.39	9.085	
0	8	a		171.525	7.02	7.02	3.73	88.55	4.324	4.96	14.554	
		b	6.102	59.156	6.86	6.86	1.09	92.05	4.243	3.90	4.290	
		a	4.149	86.424	12.60	12.60	1.02	86.40	3.073	7.10	10.514	
		b		145.590	9.73	9.73	1.05	89.23	3.658	5.52	14.808	
1	3	a	8.434	175.000	6.02	6.02	6.83	80.55	5.197	7.78	54.506	
		b	3.940	72.522	3.47	3.47	2.92	92.82	2.122	4.97	37.547	
1	4	a	4.332	250.525	3.50	3.50	5.24	89.60	3.659	6.23	92.053	
		b	1.438	51.516	4.92	4.92	13.00	81.99	2.773	5.58	25.555	
		a		10.728	18.98	18.98	12.76	97.25	9.921	6.70	36.013	
		b		62.344	11.80	11.80	13.38	74.77	1.846	6.04	61.568	
3	6	a	3.000	39.408	5.20	5.20	8.00	80.80	1.920	5.31	20.445	
		b	1.682	29.943	19.21	19.21	32.54	56.80	1.076	5.47	111.309	
3	7	a	4.520	69.051	7.85	7.85	20.27	71.87	1.498	5.39	13.812	
		b	4.506	80.745	9.36	9.36	9.77	80.87	2.893	6.40	36.518	
		a		111.676	13.71	13.71	12.78	73.50	2.884	4.16	67.622	
		b		192.421	11.54	11.54	11.28	77.18	2.885	5.28	104.147	
5	5	a	7.834	201.722	5.08	5.08	3.62	91.28	5.014	6.14	5.603	
		b	3.337	45.102	12.81	12.81	14.17	73.02	2.130	5.35	90.781	
6	1	a		246.824	8.04	8.04	8.39	82.15	3.575	5.75	102.384	
		b	3.940	79.029	2.13	2.13	0.85	97.01	2.522	4.80	27.000	
		a	4.796	151.819	1.69	1.69	2.03	96.28	3.069	6.92	64.880	
		b		230.848	1.91	1.91	1.44	96.64	2.796	5.61	91.880	

Die Verteilung von Lysin in den Darmfraktionen

II)

a) Zentrifugat

b) Sediment

h	Tier	Fr.	mg/5 ml	mg/Ges.Frakt.	Prot. (%)	Pept. (%)	AS (%)	g/16gN	g/16gN	mg/Ges.Frakt.
0	10	a	7.898	93.169	2.79	3.16	94.04	5.055	8.64	9.504
		b	4.222	38.538 131.707	16.72 9.75	1.99 2.57	81.29 87.67	2.702 3.879	12.44 11.04	12.835 22.339
1	16	a	3.577	25.782	6.71	2.12	91.17	2.289	3.65	0.648
		b	3.900	22.682 55.464	13.84 10.28	1.02 1.57	85.13 88.15	2.496 2.393	0.26 1.95	0.306 0.954
2	9	a	5.449	135.618	7.26	7.13	88.61	3.485	9.80	13.800
		b	5.067	80.261	0.59	0.30	99.11	3.243	4.42	34.860
3	11	a	12.387	215.879	3.93	2.21	93.39	3.364	4.46	48.660
		b	5.126	233.320 121.753	4.06 20.78	4.25 8.43	91.68 70.79	7.928 3.281	5.82 4.35	87.118 42.465
4	14	a	9.743	355.073	12.42	6.34	81.24	5.605	5.08	129.583
		b	4.067	82.126 33.722	2.07 13.05	3.31 11.64	94.62 75.88	6.236 2.602	5.25 4.22	48.169 88.237
5	15	a	8.864	115.918	7.56	7.48	85.25	4.420	5.09	137.106
		b	6.567	50.704 155.60	0.00 29.60	4.11 14.65	95.89 55.75	5.673 4.210	5.82 3.74	52.729 84.008
6	12	a	6.265	206.304	14.80	9.38	75.82	4.946	4.78	136.737
		b	3.961	67.186 92.250	5.03 9.44	5.17 14.36	89.80 76.20	4.010 2.536	23.60 6.53	13.865 110.154
7	13	a	5.108	159.436	7.24	9.76	83.00	3.273	15.07	124.019
		b	7.674	19.62 156.92	12.45 8.51	10.39 12.47	77.15 79.02	3.269 4.911	3.39 4.80	5.126 83.338
8				176.570	10.48	11.43	78.09	4.090	4.09	88.464

Tab.: A 8, c

Die Verteilung von Lysin in den Darmfraktionen

III)		a) Zentrifugat						b) Sediment		
h	Tier	Fr.	mg/5 ml	mg/Ges.Frakt.	Prot. (%)	Pept. (%)	AS (%)	$\tau/16gN$	g/16gN	mg/Ges.Frakt.
17	a		12.501	92.508	2.02	0.25	97.73	3.000	7.04	5.800
	b		5.234	44.366	11.62	3.21	88.06	3.352	3.07	9.575
20	a			136.874	6.82	1.73	92.89	5.676	5.06	15.375
	b		5.646	11.631	2.66	0.32	97.02	3.613	0.38	0.109
			6.384	54.082	8.21	1.20	90.59	4.086	1.72	1.214
				65.716	5.44	0.76	93.60	3.849	1.07	1.323
19	a		3.734	27.394	8.32	10.71	80.97	2.390	5.76	20.122
	b		7.113	93.208	16.26	12.55	71.18	4.522	4.22	47.086
23	a		6.980	120.602	12.29	11.63	76.08	3.471	4.99	76.808
	b		7.386	129.018	12.32	13.32	74.36	4.467	2.60	45.256
				94.39	10.55	11.20	78.25	4.725	4.35	24.169
				123.408	11.44	12.26	76.31	4.596	3.48	69.425
21	a		3.038	15.785	14.20	16.10	69.70	1.944	6.34	13.060
	b		3.637	129.71	9.25	4.29	87.46	2.328	4.35	158.165
22	a		4.272	145.495	11.23	10.20	78.78	2.136	5.55	151.225
	b		4.672	76.235	15.21	16.38	68.40	2.754	5.12	66.719
				52.448	12.16	14.32	71.32	2.990	5.18	78.862
				129.683	13.68	15.35	69.89	2.802	5.16	145.584
18	a		6.106	85.606	4.12	13.40	82.48	3.908	7.62	26.380
	b		2.351	25.549	25.50	18.15	56.36	1.504	1.84	34.123
24	a		3.036	111.155	14.61	15.76	69.42	2.706	4.73	60.503
	b		3.626	56.842	3.12	3.83	93.08	1.943	3.68	29.024
				54.587	8.30	9.93	81.77	2.321	4.16	117.312
				111.429	5.71	6.88	87.42	2.132	3.92	146.336

Tab.: A 8, d

Die Verteilung von Lysin in den Darmfraktionen

IV)		a) Zentrifugat					b) Sediment			
h	Tier	Fr.	mg/5 ml	mg/Ges.Frakt.	Prot.(%)	Pept.(%)	AS(%)	g/16gN	g/16gN	mg/Ges.Frakt.
25	a		9.698	35.456	6.58	1.61	91.81	6.207	1.79	1.253
	b		5.377	24.526	5.26	1.84	92.80	3.441	5.62	18.612
30	a		7.297	130.052	5.97	1.73	92.31	4.824	3.71	19.866
	b		5.451	21.017	3.58	5.18	91.24	4.670	4.61	4.550
				45.941	5.61	7.93	86.46	3.488	4.80	7.829
				66.958	4.59	6.56	88.85	4.079	4.71	12.379
26	a		10.281	106.308	1.61	1.05	97.34	6.580	4.86	47.414
	b		3.569	92.892	6.44	4.81	88.72	2.285	4.42	109.329
1	a		1.341	199.200	4.03	2.93	93.05	4.432	4.66	156.773
	b		7.203	26.110	19.24	20.88	59.88	0.858	3.97	49.327
28				147.962	3.96	2.20	94.12	4.202	2.52	29.223
				174.072	11.60	11.54	77.00	2.733	5.28	129.310
27	a		10.319	178.200	5.63	7.47	86.90	6.620	3.97	110.243
	b		2.746	60.726	12.97	18.07	68.24	1.758	4.54	134.411
3	a		6.256	238.926	9.30	12.77	77.92	4.189	4.26	244.654
	b		2.990	43.366	7.02	8.81	84.17	4.004	4.16	20.164
31				41.270	21.72	11.27	66.89	1.914	6.40	109.722
				847.36	14.37	10.09	75.53	2.959	5.28	129.886
29	a		7.545	47.112	7.92	3.53	88.56	4.829	5.89	-
	b		4.033	102.707	2.13	9.49	88.37	2.581	7.42	114.684
6	a		5.875	149.819	5.02	6.51	88.46	3.705	6.66	114.684
	b		2.394	57.528	3.66	11.68	84.77	3.760	5.31	9.956
32				12.224	22.66	17.55	59.79	1.532	5.70	64.624
				70.252	13.16	14.62	72.23	2.646	5.31	74.580

Tabelle: A 9,a

Kotanalyse (Versuch 1)

I.

Tier Nr.	TS %	%N in TS	g Lys./16g N	% Lys.in TS	Lys.ausgesc in g
1	36,7	0,99	5,9	0,37	6,55
2	33,9	1,17	6,1	0,44	9,14
3	37,2	1,13	6,8	0,48	10,78
4	27,7	0,73	6,3	0,29	6,24
5	30,8	1,00	5,8	0,36	8,01
6	35,3	0,82	7,4	0,38	8,08
7	34,0	0,86	6,7	0,36	7,65
8	26,6	0,87	6,8	0,37	8,14
$\bar{x}$	32,8	0,95	6,5	0,38	8,08
$\pm m$	1,30	0,05	0,20	0,01	0,51
$v\%$	12,02	16,29	8,66	4,86	17,73

II.

9	36,9	1,17	5,4	0,40	8,64
10	33,1	1,17	5,0	0,37	6,93
11	34,5	2,03	3,5	0,45	10,21
12	34,7	1,19	4,5	0,33	7,69
13	26,0	1,08	3,8	0,26	5,18
14	31,8	1,59	4,7	0,47	10,72
15	32,8	2,09	3,3	0,44	8,67
16	31,3	1,63	3,5	0,35	7,61
$\bar{x}$	32,6	1,50	4,2	0,38	8,21
$\pm m$	1,13	0,14	0,28	0,02	0,63
$v\%$	9,83	26,92	18,86	18,19	21,69

*) Test auf Signifikanz ergibt bei den hohen Streuungen innerhalb der Gruppen keine sig.Unterschiede zwischen den Gruppen.
(F= 0,443)

Tabelle: A 9, b

Kotanalyse (Versuch 1)

III.

Tier Nr.	TS %	%N in TS	g Lys./16g N	%Lys.in TS	Lys.ausgesch. in g ^{*)}
17	29,4	1,62	6,0	0,60	11,17
18	37,7	1,17	5,4	0,40	6,71
19	34,6	1,42	5,7	0,51	8,76
20	32,4	1,80	3,7	0,42	5,19
21	35,6	1,73	4,1	0,44	6,54
22	35,2	1,23	5,8	0,44	9,08
23	37,1	0,88	6,3	0,34	6,16
24	40,2	1,01	6,0	0,38	6,63
$\bar{x}$	35,3	1,36	5,4	0,44	7,53
$\pm m$	1,17	0,12	0,33	0,03	0,69
v%	9,38	24,92	17,45	18,44	25,71

IV.

25	32,5	1,74	2,8	0,31	5,74
26	35,0	1,30	3,5	0,28	5,00
27	34,3	1,54	4,0	0,39	7,76
28	35,8	1,48	6,5	0,61	10,87
29	34,6	1,16	6,9	0,50	8,95
30	30,6	1,33	5,1	0,42	7,63
31	39,0	1,72	5,8	0,62	11,09
32	31,7	1,83	5,7	0,66	11,94
$\bar{x}$	34,2	1,51	5,0	0,47	8,62
$\pm m$	0,81	0,09	0,52	0,15	0,90
v%	6,74	15,87	29,11	30,72	29,52

*) Test auf Signifikanz ergibt bei den hohen Streuungen innerhalb der Gruppen keine sig. Unterschiede zwischen den Gruppen, (F= 0,443)

Tab.: A¹⁰, a

Die Konzentration von α -Amino-N, Lysin
und Methionin im Pfortaderblut

I.)

h	Tier Nr.	Lysin		Methionin		α -Amino-N	
		$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW*	$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW	$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW
24	2 8	68,5	51,2	21,2	22,1	111,1	87,8
		<u>61,0</u>	=100	<u>21,0</u>	=100	<u>106,2</u>	=100
		64,7		21,1		108,6	
1	3 4	77,0	146,5	21,8	98,5	126,8	138,6
		<u>73,0</u>		<u>20,7</u>		<u>116,6</u>	
		75,0		21,3		121,7	
3	6 7	38,8	77,1	20,9	94,4	89,8	100,3
		<u>40,2</u>		<u>20,8</u>		<u>86,4</u>	
		39,5		20,9		88,1	
6	1 5	32,0	63,1	16,5	79,9	74,0	93,3
		<u>32,7</u>		<u>18,8</u>		<u>80,3</u>	
		32,3		17,7		81,9	

II.)

24	10 16	46,9	51,2	20,9	22,1	84,6	87,8
		<u>39,5</u>	=100	<u>24,0</u>	=100	<u>82,3</u>	=100
		43,2		22,5		83,5	
1	9 11	101,2	193,0	19,8	87,1	107,0	119,4
		<u>96,3</u>		<u>18,7</u>		<u>102,5</u>	
		98,8		19,3		104,8	
3	14 15	66,0	134,8	-	91,4	-	97,5
		<u>72,0</u>		<u>20,2</u>		<u>85,6</u>	
		69,0		20,2		85,6	
6	12 13	48,8	100,4	20,0	89,4	73,5	82,3
		<u>53,9</u>		<u>19,5</u>		<u>71,2</u>	
		51,4		19,8		72,3	

NW* = Nüchternheitswert

Tab.: A 10, b

Die Konzentration von α -Amino-N, Lysin
und Methionin im Pfortaderblut

III.)

h	Tier Nr.	Lysin		Methionin		α -Amino-N	
		$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW*	$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW	$\mu\text{g/ml}$	% von durch- schn. NW.
24	17	52,2	51,2 =100	27,0	22,1 =100	79,8	87,8 =100
	20	45,1		21,5		77,7	
		48,6		24,2		78,7	
1	19	-	119,7	18,1	87,6	98,7	119,8
	23	61,3		20,6		111,7	
		61,3		19,4		105,2	
3	21	28,5	68,8	21,5	86,0	80,4	91,9
	22	22,2		16,5		81,0	
		34,2		19,0		80,7	
6	18	26,8	53,9	22,6	88,5	65,9	83,1
	24	28,4		16,5		80,1	
		27,6		19,6		73,0	
IV.)							
34	25	52,2	51,2 =100	-	22,1 =100	84,4	87,8 =100
	30	44,0		20,5		76,4	
		48,1		20,5		80,4	
1	26	110,4	240,6	-	107,5	121,0	135,9
	28	136,0		23,7		117,5	
		123,2		23,7		119,3	
3	27	99,0	184,0	19,0	92,2	95,8	107,1
	31	89,7		21,8		92,1	
		94,2		20,4		94,0	
6	29	59,4	112,9	14,3	68,7	74,4	83,4
	32	56,2		16,1		72,0	
		57,8		15,2		73,2	

NW*= Nüchternheitswert

Es ist mir ein besonderes Anliegen, meinem sehr geschätzten Lehrer und Promotor, Herrn Professor Dr. H. B r u n e an dieser Stelle für die vielen wissenschaftlichen Anregungen, die ständige Diskussionsbereitschaft und die nie endende Geduld bei der Beschaffung der Forschungsmittel zu dieser Arbeit von Herzen zu danken.

Mein Dank gilt ferner Herrn Professor Dr.H.Linser, Institut für Pflanzenernährung, Herrn Professor Dr. E. Küster, Institut für Mikrobiologie, Herrn Dr.J.L. Ford, N.I.R.D. und Herrn Privatdozent Dr.H. Rufege, Institut für Veterinär-Physiologie, die durch Bereitstellung von Institutseinrichtungen (chemische und mikrobiologische Aminosäureanalysen), Diskussion und Zusendung von Test-Organismen und persönlichen Einsatz (Blutentnahmen) die Durchführung dieser Untersuchungen ermöglichten.

Herrn Dr. P. Kellner, Osteuropa-Institut der Justus Liebig-Universität, sei für die Übersetzungshilfen aus den slawischen Sprachen gedankt.

Ein Wort herzlichen Dankes richte ich an alle Mitarbeiter des Institutes für Tierernährung für ihre stetige Hilfsbereitschaft während der experimentellen Untersuchungen; vor allem Frau M. Schneider für die unermüdliche technische Mitarbeit.

Für die Gewährung von Sachmitteln zur Durchführung dieses Forschungsvorhabens sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft besonders gedankt.

Lebenslauf

- 18.11.1940 Geboren als 3. Sohn des Landwirts und Mühlenbesitzers Jakob Walz und dessen Ehefrau Justina, geb. Kessler in Oberndorf, Krs. Gelnhausen.
- 1946 - 1952 Besuch der Volksschule Oberndorf
- 1952 - 1958 Schüler in der deutschen Auslandschule, Kolleg Watersleyde b. Sittard, Holland
- 1958 - 1961 Gymnasiast an der Fürst-Johann-Ludwig-Schule, humanistisches Gymnasium in Hadamar, Krs. Limburg
- Februar 1961 Abitur
- 1961 - 1962 Ableistung des Wehrdienstes und Ausbildung zum Offizier der Reserve
- August 1962 Landwirtschaftliche Lehre im Ackerbaubetrieb
-April 1963 Salinenhof, Büdingen
- Mai 1963 - Landwirtschaftliche Lehre im Grünland- und
Oktober 1963 Tierzuchtbetrieb Gropper-Höfelmayr, Wolfertschwenden, Krs. Memmingen, Gehilfen-Prüfung
- WS 1963 - Studium der Landbauwissenschaften an der
WS 1967 Justus Liebig-Universität in Gießen, Fachrichtung Tierproduktion
- Oktober 1967 Prüfung zum Dipl.ing.agr.
- Okt. 1967 - Volkswagenwerk-Stipendium für Zusatzstudium
Sept. 1968 am Dept. of Physiology and Biochemistry, University of Reading, England und Forschungsaufenthalt am Dept. of Nutrition, National Institute for Research in Dairying, Shinfield-Reading
- ab Okt. 1968 Doktorand und
- ab Mai 1969 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Tierernährung der Justus Liebig-Universität. Anfertigung der Promotionsarbeit unter Anleitung von Professor Dr.H. Brune.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641-77449